ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ

ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 2 (39), 2023г.

ОРЕЛ 2023

ISSN 2410-5031

Научно-практический журнал

АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ



ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА

№ 2 (39), 2023г.

ОРЕЛ 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – **А.В. Виноградов,** доктор технических наук, доцент, руководитель научного направления "Энергообеспечение АПК" ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, профессор кафедры "Электроснабжение" ФГБОУ ВО Орловского ГАУ.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Буяров Виктор Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Васильев Алексей Николаевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории электрофизического воздействия на сельскохозяйственные объекты и материалы ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Южанников Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, директор по науке и инновационной деятельности ОАО «Сибирский научно-исследовательский и проектный институт цветной металлургии».

Олин Дмитрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение и эксплуатация электрооборудования» ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия».

Шарупич Вадим Павлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, академик МАЭН, директор НИПИ «Градоагроэкопром».

Черкасова Нина Ильинична, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой электроэнергетики Рубцовского индустриального института Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул.

Коношин Иван Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, начальник отдела продаж АО «Армада».

Коломейченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ; заведующий отделом Управления перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ».

Жосан Артур Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «ЭМТП и тракторы» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Кузнецов Юрий Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Надежность и ремонт машин» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Серебряков Александр Сергеевич, доктор технический наук, профессор, профессор кафедры «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Осокин Владимир Леонидович, кандидат технических наук кафедры «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет».

Шпиганович Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», член-корреспондент Российской Академии Естествознания.

Гавриченко Александр Иванович, доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ.

Скобло Тамара Семеновна, доктор технических наук, профессор, академик Инженерной академии Украины, профессор кафедры «Технические системы ремонтного производства» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко.

Ковалев Михаил Михайлович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр лубяных культур (ФГБНУ ФНЦ ЛК).

ПЕРЕВОДЧИК – старший преподаватель **Н.В. Махиянова**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – кандидат технических наук, доцент **Р.П. Беликов**

Зарегистрировано в федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), номер свидетельства ПИ № ФС 77-78888, дата регистрации 28.08.2020.

Договор с РИНЦ №410-07/2014 от 15.07.2014г. **ISSN 2410-5031**

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

Адрес издателя: 302019, Россия, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69, тел.: +7(4862) 76-14-51;факс: +7(4862) 76-06-64.

Адрес редакции: 302019, Орловская обл., г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.

Тел.: 8(4862) 76-11-07

Адрес типографии: 302028, г. Орел, бульвар Победы, 19. ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.

Тел.: 8(4862) 43-25-53 **E-mail: winaleksandr@yandex.ru**

Дата выхода журнала: 11.07.2023 г.

© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2023 **Тираж 100 экз.** Распространяется бесплатно

16+

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА РАБОТУ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 5

Виноградов А.В., Виноградова А.В., Конкин Д.В.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

СРАВНЕНИЕ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ С ГЛУХОЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ 14

Е.С. Смирнов[1], Т.А. Мамедов[2], В.И. Загинайлов[1]
[1]ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»
[2]ООО «Объединенная электросетевая компания»

ЭТАПЫ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ 22

Н.Е. Ртищева, К.П. Ртищев, В.И. Загинайлов, С.И. Белов
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ 29

Дерен Ф. Д., Пепин В. М., Васильев А. Н.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОХИМИЧЕКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ 38

Хлипунов Д.С. Андреев С.А.
ФГБОУ ВО «РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева»

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА ДЛЯ ПОЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ 45

В. М. Пепин, Ф. Д. Дерен, А. Н. Васильев
ФГБУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗЕРНОВОЙ НАСЫПИ 58

В.В. Руденко, Д.А. Будников
ФГБУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И СХЕМА СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ 65
Довлатов И.М., Комков И.В.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА 72
Алтухова Т.А., Алтухов С.В., С.Н. Шуханов С.Н.
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПАРОМ ХЛОРПРОФАМА И РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ 78
Андреев С.А., Шишкова С.Г.
ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева»

ОБЗОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОЗЕЛЕНИ 83
Гречиха А.С.
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДОНБАССА ВСЛЕДСТВИЕ ГОДОВЫХ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ 90
Г. Я. Дрозд
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

УДК 621.3

АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ НА РАБОТУ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Виноградов А.В., Виноградова А.В., Конкин Д.В.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация. *Фотоэлектрические установки влияют на работу сельских электрических сетей по ряду аспектов, среди которых потери и качество электроэнергии, электробезопасность, равномерность графика нагрузки и другие. Имеется необходимость оценки данного влияния, корректировка нормативных документов, связанных с применением фотоэлектрических установок, так как бесконтрольный рост их количества и мощности в структуре сельских электрических сетей может привести к выходу из строя трансформаторов и линий электропередачи, несанкционированной подаче напряжения, другим негативным последствиям. Также может наблюдаться и положительное влияние в части снижения отклонения напряжения у удалённых потребителей, повышения качества электроэнергии по другим показателям, снижение потерь электроэнергии. Выполненные расчёты для примера электрической сети, содержащей ТП 10/0,4 кВ, ЛЭП 0,4 кВ и нагрузку в виде группы жилых домов показали, что применение ФЭУ приводит к сокращению потерь электроэнергии в силовом трансформаторе и их стоимости на 10-12%. Пиковые значения потребляемой мощности снижаются на 6-8%. Неравномерность графика нагрузки увеличивается, что показывает увеличение значения коэффициента его формы с 1,111 до 1,184.*

Ключевые слова: *фотоэлектрическая установка, применение фотоэлектрических установок в сельских электрических сетях, влияние фотоэлектрических установок, потери холостого хода, потери в трансформаторе, сокращение потерь, равномерность графика нагрузки, электробезопасность, присоединение фотоэлектрических установок.*

Введение. Применение фотоэлектрических установок (ФЭУ) в структуре сельских электрических сетей 0,4 кВ в России мало изучено, так как опыт такого применения также мал. Это связано с тем, что официально разрешение на подключение частных ФЭУ с выдаваемой мощностью до 15 кВт стало возможным только в 2021 году согласно ФЗ от 27.12.2019 №471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации». Несмотря на то, что оплата за выработанную ФЭУ электроэнергию, согласно данному правовому документу, невелика (не превышает стоимости электроэнергии на оптовом рынке), имеется интерес сельских жителей, жителей дачных посёлков к установке ФЭУ. Как правило, данные установки служат для компенсации части потребления электроэнергии хозяйством потребителя. Мощности таких установок невелики и составляют до 1-3 кВт. В то же время, массовое подключение ФЭУ к сельским

линиям электропередачи (ЛЭП) 0,4 кВ может повлечь за собой ряд последствий. Основные аспекты возможного влияния ФЭУ на работу сельской электрической сети следующие:

- влияние на значение потерь электроэнергии в ЛЭП и силовом трансформаторе;
- влияние на равномерность графика нагрузки;
- влияние на значение максимальных пиковых значений потребляемой мощности;
- влияние на показатели качества электроэнергии, поставляемой потребителям;
- влияние на электробезопасность обслуживания ЛЭП и ТП;
- влияние на настройки защит оборудования ЛЭП и ТП;
- влияние на организацию диспетчерского управления.

Каждый из указанных аспектов требует отдельного изучения. Например, влияние ФЭУ на потери электроэнергии в силовых трансформаторах, которые, как известно, составляют значительную долю общих потерь электроэнергии. В среднем по странам СНГ потери в силовых трансформаторах достигают 25-40% всех потерь, из них 16-22% - условно постоянные, то есть потери холостого хода [1]. Схожие значения показывают и исследования, проведённые различными авторами, анализирующими структуру потерь электроэнергии в электрических сетях [2]. Вопросы внедрения энергосберегающих трансформаторов, оптимизации загрузки силовых трансформаторов, влияния состава потребителей на значение потерь электроэнергии в силовых трансформаторах поднимаются в работах [3-5]. В то же время вопрос влияния ФЭУ на потери в трансформаторах не раскрыт в указанных и других работах.

При наличии нескольких подключенных к линии 0,4 кВ ФЭУ, в дневное время, вырабатываемая ими электроэнергия вполне может покрывать потери электроэнергии в трансформаторах, нагрузку потребителей, питаемых от данной линии и даже выдаваться в сеть 10 кВ посредством обратной трансформации на ТП 10/0,4 кВ. Это показывает и опыт Германии, где индивидуальные ФЭУ нашли широкое применение и уже проявились последствия этого [6].

Представим, что каждый из 27-28 потребителей среднестатистической сети 0,4 кВ, питаемой от ТП 10/0,4 кВ (мощность трансформатора 160 кВА) и включающей в себя две ЛЭП 0,4 кВ [7] подключил ФЭУ с выдаваемой мощностью 15 кВт. Суммарно выдаваемая ими пиковая мощность составит до 420 кВт, что более, чем в 2,5 раза превышает мощность трансформатора на ТП. Это может привести к выходу из строя трансформатора, перенапряжениям в ЛЭП, несанкционированной подаче напряжения в линию 10 кВ посредством обратной трансформации.

Кроме того, даже без рассмотрения таких крайностей, следует учитывать, что графики нагрузки сельскохозяйственных потребителей, как правило, не совпадают с графиком выработки электроэнергии ФЭУ. Наиболее близкими к нему являются графики тепличных предприятий, систем орошения [8]. Графики нагрузки коммунально-бытовых нагрузок имеют ярко выраженные утренний и вечерний максимумы нагрузок, не совпадающие с пиком суточной выработки электроэнергии ФЭУ. Это также может оказывать влияние на особенности применения ФЭУ в структуре сельских электрических сетей, включая потери электроэнергии, напряжение в сети, загрузку трансформаторов, электробезопасность. В настоящее время эти влияния в работах учёных рассмотрены недостаточно ввиду малого опыта применения ФЭУ в сельских электрических сетях в России.

Целью исследования является анализ аспектов влияния ФЭУ на работу сельских электрических сетей.

Материалы и методы исследования. В работе использованы общенаучные методы исследования, в том числе литературного обзора, методы электротехники. В качестве материалов использованы данные о графиках нагрузки сельских потребителей, данные о значениях потерь холостого хода и короткого замыкания в трансформаторах.

В качестве материала исследования рассмотрен пример сельской электрической сети. В состав сети входит трансформаторная подстанция (ТП) 10/0,4 кВ, мощностью 160 кВА, питающая нагрузку (НТП) в виде группы жилых домов по радиальной линии электропередачи (ЛЭП) 0,4 кВ. К данной ЛЭП подключена ФЭУ, вырабатывающая $4{,}523 \cdot 10^4$ кВт·ч/год. Потребление электроэнергии НТП изменяется в пределах от $5 \cdot 10^4$ до $2{,}5 \cdot 10^5$ кВт·ч/год. Рассмотрены различные аспекты влияния применения ФЭУ на работу сети. Оценено влияние использования в сети ФЭУ на потери электроэнергии в силовом трансформаторе ТП.

На рисунке 1 приведена схема рассматриваемой сети.

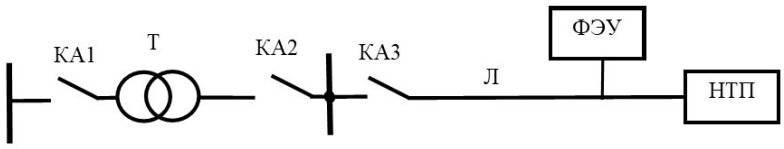


Рисунок 1 – Пример схемы электрической сети с подключенной к ней ФЭУ

Схема на рисунке 1 содержит: Т – силовой трансформатор, Л – ЛЭП 0,4 кВ; КА1 – коммутационный аппарат высокого напряжения; КА2, КА3 – коммутационные аппараты низкого напряжения; НТП – нагрузка трансформаторной подстанции; ФЭУ – фотоэлектрическая установка.

Результаты и обсуждение.

На рисунке 2 показан пример суточного графика электрической нагрузки, рассматриваемой НТП (группа жилых домов, период - май) без ФЭУ в сети и с ней. График нагрузки построен с учётом [9, 10].

Также показан суточный график выработки электроэнергии ФЭУ (в весенне-летний период) с пиковой мощностью 20 кВт (группа ФЭУ, установленных у потребителей).

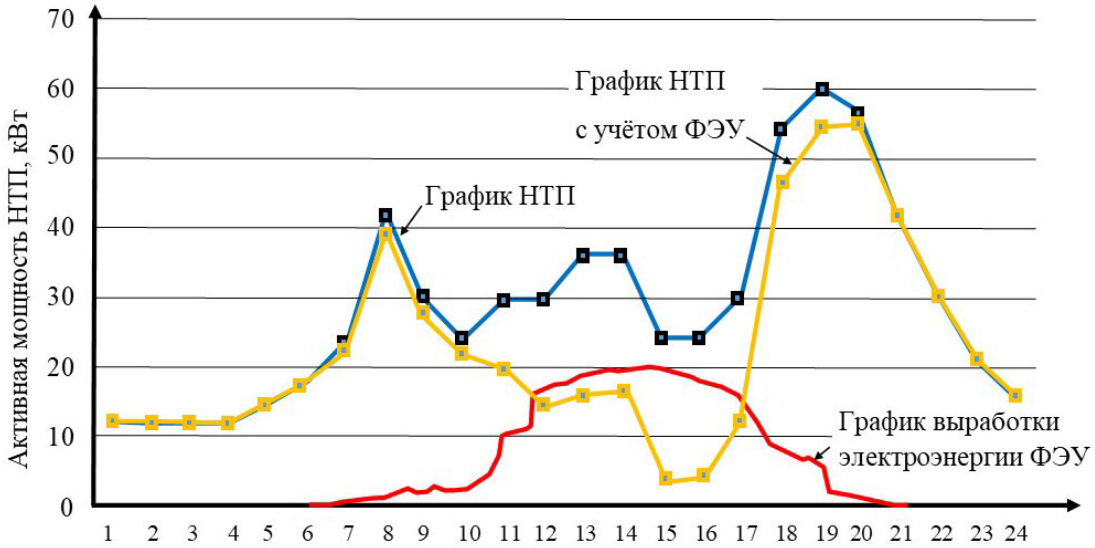


Рисунок 2 – Графики НТП, выработки электроэнергии ФЭУ и НТП с учётом ФЭУ

Исходя из указанного графика, можно отметить, что значение потерь электроэнергии в ЛЭП и силовом трансформаторе должны снизиться (расчёт приведён ниже). Значение максимальных пиковых значений потребляемой мощности снижается незначительно (для утреннего максимума на 2-3 кВт; для вечернего – на 4-6 кВт). То есть пиковые значения потребляемой мощности снижаются на 6-8%.

Оценка равномерности графика нагрузки выполняется с помощью коэффициента формы графика нагрузки $K_Ф$, безразм.:

$$K_Ф = \sqrt{n}\frac{\sqrt{(W_{ai})^2}}{W_a}, \quad (1)$$

где W_{ai} – потребление электроэнергии в каждый час суток, кВт·ч;

W_a – потребление электроэнергии за сутки, кВт·ч;

n – количество часов в сутках, 24 ч.

Выполненные расчёты для графиков на рисунке 2 показывают, что для графика НТП без ФЭУ $K_Ф$=1,111, а для НТП с ФЭУ - $K_Ф$=1,184. Следовательно, график стал более неравномерным.

Очевидно, влияние на показатели качества электроэнергии, поставляемой потребителям, ФЭУ будет оказывать в период своей работы, особенно с 11 до 17 ч. При этом напряжение в ЛЭП в данное время повысится. Оценка влияния ФЭУ на другие показатели качества электроэнергии подробно изучены в [11]. В данном исследовании на примере экспериментальной ФЭУ установлено снижение отклонения напряжения на 4%, снижение коэффициента гармонических искажений по напряжению на 1,6% (при увеличении вклада отдельных гармоник). Также выявлено, что при коротких замыканиях (к.з.) в сети за счёт его подпитки ФЭУ уменьшается снижение напряжения (в эксперименте 184,3 В при включенной ФЭУ по сравнению с 158,7 В при отключенной) [11].

Оценим влияние использования ФЭУ на значение потерь электроэнергии в силовом трансформаторе ТМ-160, установленном на ТП в рассматриваемом примере. Потери мощности холостого хода и короткого замыкания трансформатора составляют, соответственно, 0,4 и 2,65 кВт.

Фактические годовые потери активной энергии $\Delta W_{тр}$, кВт·ч/год, в трансформаторе определяются по выражению [12]:

$$\Delta W_{тр} = \Delta P_x \cdot T_n + k^2_{зт} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \tau_M; \quad (2)$$

где $\Delta P_x, \Delta P_{кз}$ – потери мощности холостого хода и короткого замыкания трансформатора, кВт;

$k_{зт}$ – коэффициент загрузки трансформатора, безразм.;

T_n – число часов включенного состояния трансформаторов, ч/год;

τ_M – годовое время максимальных потерь, определяемое исходя из значений числа часов использования максимума активной нагрузки, T_M, , ч/год. Его значения приведены в [12].

Число часов использования максимума активной нагрузки, T_M, ч/год, определяется следующим образом:

$$T_M = \frac{W_г}{P_{max}}, \quad (3)$$

где $W_г$ – годовое потребление электроэнергии НТП, кВт·ч;

P_{max} – максимальная активная мощность НТП, кВт.

Подключение ФЭУ к линии, питаемой от ТП приводит к тому, что значение T_M снижается, так как ФЭУ вырабатывает электроэнергию и, таким образом, компенсирует часть $W_г$. Значение P_{max} также может снизиться, в случае, если выработка электроэнергии от ФЭУ происходит в период максимума по графику нагрузки НТП.

То есть для случая наличия в питаемой от ТП сети ФЭУ число часов использования максимума активной нагрузки определяется:

$$T_M = \frac{W_г - W_{ФЭУ}}{P_{max}}, \quad (4)$$

где $W_{ФЭУ}$ – годовая выработка электроэнергии ФЭУ, кВт·ч;

Коэффициент загрузки трансформатора $k_{зт}$, безразм. определяется [13]:

$$k_{зт} = \frac{S_ф}{S_{т.ном}}, \quad (5)$$

где $S_ф$ – фактическая нагрузка трансформатора, кВА;

$S_{т.ном}$ – номинальная нагрузка трансформатора, кВА;

Стоимость потерь электроэнергии $C_{WPтр}$, руб./год, составляет:

$$C_{Wтр} = c_P \cdot \Delta W_{тр}, \quad (6)$$

где c_P – тариф на покупку электросетевой организацией потерь электроэнергии, руб./кВт·ч, например на 2023 год составляет 2,4 руб/кВт·ч для Орловской области.

В нашем примере $T_{п1}$=8760 ч/год, $\tau_{М1}$ определяется по [12]. Результаты расчётов годовых потерь электроэнергии и их стоимости представлены на рисунках 2 и 3.

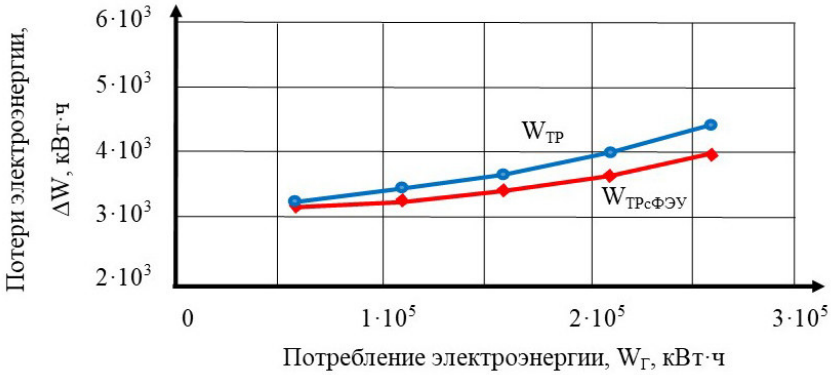


Рисунок 2 – Графики потерь электроэнергии в трансформаторе ТП с использованием и без использования ФЭУ

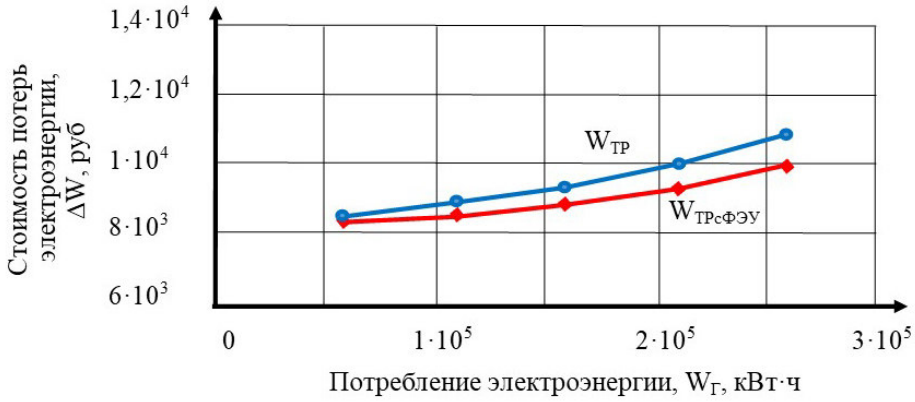


Рисунок 3 – Графики стоимости потерь электроэнергии в трансформаторе ТП с использованием и без использования ФЭУ

Таким образом, применение ФЭУ в структуре сети 0,4 кВ приводит к снижению потерь электроэнергии в силовом трансформаторе. Для рассматриваемого примера снижение составляет 500-600 кВт·ч/год (10-12% от потерь без ФЭУ) в силовом трансформаторе ТМ-160, установленном в ТП. Стоимость потерь электроэнергии снизилась также на 10-12%. В денежном выражении это составляет экономию 1000-1500 руб./год.

Однако, как следует из графиков на рисунке 2, при этом не происходит заметного снижения пиковых нагрузок (в случае НТП с графиками нагрузок, содержащими выраженные утренние и вечерние максимумы нагрузки), а, следовательно, нет возможности снизить мощность трансформатора на ТП и, таким образом, дополнительно уменьшить потери холостого хода трансформатора. Изменятся и потери в ЛЭП 0,4 кВ, которые можно оценить, зная сечение проводов, длины участков ЛЭП, распределение НТП по ЛЭП.

Влияние на электробезопасность обслуживания ЛЭП и ТП возникает по нескольким причинам. Первая – подпитка к.з. ФЭУ, за счёт чего снижается ток к.з. Это приводит к снижению чувствительности защиты ЛЭП. Второе – возможность несанкционированной подачи напряжения в ЛЭП 0,4 кВ при её обслуживании. Третье - возможность несанкционированной подачи напряжения в питающую ЛЭП 10 кВ за счёт обратной трансформации при превышении мощности ФЭУ мощности ТП. Таким образом, появляется необходимость учёта данных особенностей при выборе, настройке защит ЛЭП и ТП, использовании средств сигнализации и блокировки от обратной трансформации, несанкционированной подачи напряжения, например [14].

В свою очередь, это приводит к необходимости изменения организации диспетчерского управления электрическими сетями, требований к обеспечению наблюдаемости сети. В частности, диспетчер сети должен «видеть» работу всех ФЭУ, иметь возможность их отключения, в том числе дистанционного, от сети во время обслуживания оборудования сети. Требования технических условий на подключение ФЭУ к сети должны учитывать безопасность обслуживания сети, не допускать выдачу энергии от ФЭУ в сеть в заданных случаях. Должен вестись учёт подключенных к сети ФЭУ и ограничиваться возможность новых подключений, исходя из конфигурации сети, мощности трансформатора на ТП, пропускной способности ЛЭП. Например, в разных странах ограничивают суммарную мощность подключаемых ФЭУ на уровне от 25 до 60% мощности трансформатора на ТП [11].

Выводы

Выполненный анализ показывает, что подключение ФЭУ к электрическим сетям 0,4 кВ влияет на работу данных сетей по ряду аспектов, среди которых потери, качество электроэнергии, электробезопасность, настройки и виды защит и ряд других.

Выполненные расчёты для примера электрической сети, содержащей ТП 10/0,4 кВ, ЛЭП 0,4 кВ и нагрузку в виде группы жилых домов (потребление электроэнергии от $5 \cdot 10^4$ до $2{,}5 \cdot 10^5$ кВт·ч/год) показали, что применение ФЭУ, вырабатывающей $4{,}523 \cdot 10^4$ кВт·ч/год приводит к сокращению потерь электроэнергии на 500-600 кВт·ч/год (10-12%) в силовом трансформаторе ТМ-160, установленном в ТП. Стоимость потерь электроэнергии снизилась также на 10-12%. В денежном выражении это составляет экономию 1000-1500 руб./год. Пиковые значения потребляемой мощности снижаются не значительно, на 6-8%. Неравномерность графика нагрузки увеличивается, что показывает увеличение значения коэффициента его формы с 1,111 до 1,184.

Список использованных источников:

1. Асанов, А. К. О проблемах в энергетике. потери электроэнергии / А. К. Асанов, С. М. Оконов // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2016. – № 4(40). – С. 37-43. – EDN XHPSIN.
2. Чоршанбиев, С. Р. Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях напряжением 0,4-500 кв согдийской области республики таджикистан / С. Р. Чоршанбиев, Г. В. Шведов // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2019. – № 2-1(50). – С. 242-250. – EDN CVLRSK.
3. Ивакин, В. Н. Нормирование энергоэффективности распределительных трансформаторов / В. Н. Ивакин, В. Д. Ковалев, А. А. Магницкий // Энергия единой сети. – 2017. – № 5(34). – С. 20-31. – EDN ZUQTHR.
4. Мироненко, Ю. Е. Оценка эффективности загрузки силовых трансформаторов на примере центрального энергорайона Амурской области / Ю. Е. Мироненко // Научные исследования. – 2017. – № 7(18). – С. 5-8. – EDN YUIAJN.].
5. Таранов, М. М. Оценка влияния сельских коммунально-бытовых потребителей на искажение синусоидальности кривых напряжения/тока и появление дополнительных потерь в сети электроснабжения / М. М. Таранов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2008. – № 4(29). – С. 24-29. – EDN JWTGPN.
6. Повышение энергоэффективности функционирования электрической сети с возобновляемыми источниками. Электронный ресурс. Заголовок с экрана. Режим доступа: https://studylib.ru/doc/4692193/prezentaciya-kompanii-simens (Дата обращения 03.05.2023)
7. Большев В.Е. Конфигурация среднестатистической сельской электрической сети 0,38 кВ / В. Е. Большев, А. В. Виноградов// - Инновации в сельском хозяйстве. - 2019. - № 1 (30). - С. 117-124
8. Юдаев, И. В. Оценка графиков потребления электрической энергии объектов на сельских территориях как нагрузки солнечной электростанции / И. В. Юдаев, Ю. В. Даус, Д. А. Десятниченко // Вестник аграрной науки Дона. – 2018. – № S4. – С. 10-17. – EDN IBVXAY.
9. РД 34.20.178 Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38 - 110 кВ сельскохозяйственного назначения. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200060669?ysclid=levakgr4jl415794447. Дата обращения: 05.03.2023 г.
10. Проектирование систем сельского электроснабжения: учеб. пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. унт. – 3-е изд., испр. и доп. – Красноярск, 2016. – 264 с.
11. Лештаев О.В. Повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения сельскохозяйственных потребителей с сетевой солнечной фотоэлектрической установкой. Дис. канд. техн. наук: 4.3.2. – РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, 2023 – 108 с. (режим доступа: old.timacad.ru/catalog/disser/kd/leshtaev/disser.pdf).
12. СТО 56947007-29.240.01.271-2019. Методические указания по технико-экономическому обоснованию электросетевых объектов. Эталоны обоснований. РАЗРАБОТАН: ООО «Интер РАО–Инжиниринг». УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 24.07.2019 № 235. ВВЕДЁН ВПЕРВЫЕ

13. Мясоедов, Ю.В. Методология проведения энергетических обследований. Учебное пособие / Ю.В. Мясоедов ; – Благовещенск: Изд–во АмГУ, 2013. – 73 с.

14. Виноградов А.В. Способ и устройство для предотвращения обратной трансформации на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ при несанкционированной подаче напряжения в сеть 0,4 кВ/ А.В. Виноградов, А.В. Виноградова, В.Е. Большев, А.В. Букреев, А.А. Панфилов, М.В. Бородин, А.С. Бредихин, С.А. Канюс// Промышленная энергетика. 2020. №7. С. 56-62.

Bibliography

1. Asanov, A. K. O problemah v energetike. poteri elektroenergii / A. K. Asanov, S. M. Okonov // Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. Razzakova. – 2016. – № 4(40). – S. 37-43. – EDN XHPSIN.

2. CHorshanbiev, S. R. Analiz poter' elektroenergii v elektricheskih setyah napryazheniem 0,4-500 kv sogdijskoj oblasti respubliki tadzhikistan / S. R. CHorshanbiev, G. V. SHvedov // Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. Razzakova. – 2019. – № 2-1(50). – S. 242-250. – EDN CVLRSK.

3. Ivakin, V. N. Normirovanie energoeffektivnosti raspredelitel'nyh transformatorov / V. N. Ivakin, V. D. Kovalev, A. A. Magnickij // Energiya edinoj seti. – 2017. – № 5(34). – S. 20-31. – EDN ZUQTHR.

4. Mironenko, YU. E. Ocenka effektivnosti zagruzki silovyh transformatorov na primere central'nogo energorajona Amurskoj oblasti / YU. E. Mironenko // Nauchnye issledovaniya. – 2017. – № 7(18). – S. 5-8. – EDN YUIAJN.].

5. Taranov, M. M. Ocenka vliyaniya sel'skih kommunal'no-bytovyh potrebitelej na iskazhenie sinusoidal'nosti krivyh napryazheniya/toka i poyavlenie dopolnitel'nyh poter' v seti elektrosnabzheniya / M. M. Taranov // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet imeni V.P. Goryachkina". – 2008. – № 4(29). – S. 24-29. – EDN JWTGPN.

6. Povyshenie energoefektivnosti funkcionirovaniya elektricheskoj seti s vozobnovlyaemymi istochnikami. Elektronnyj resurs. Zagolovok s ekrana. Rezhim dostupa: https://studylib.ru/doc/4692193/prezentaciya-kompanii-simens (Data obrashcheniya 03.05.2023)

7. Bol'shev V.E. Konfiguraciya srednestatisticheskoj sel'skoj elektricheskoj seti 0,38 kV / V. E. Bol'shev, A. V. Vinogradov// - Innovacii v sel'skom hozyajstve. - 2019. -№ 1 (30). - S. 117-124

8. YUdaev, I. V. Ocenka grafikov potrebleniya elektricheskoj energii ob"ektov na sel'skih territoriyah kak nagruzki solnechnoj elektrostancii / I. V. YUdaev, YU. V. Daus, D. A. Desyatnichenko // Vestnik agrarnoj nauki Dona. – 2018. – № S4. – S. 10-17. – EDN IBVXAY.

9. Leshtaev O.V. Povyshenie kachestva elektroenergii v sistemah elektrosnabzheniya sel'skohozyajstvennyh potrebitelej s setevoj solnechnoj fotoelektricheskoj ustanovkoj. Dis. kand. tekhn. nauk: 4.3.2. – RGAU MSKHA im. K.A. Timiryazeva, Moskva, 2023 – 108 s. (rezhim dostupa: old.timacad.ru/catalog/disser/kd/leshtaev/disser.pdf).

10. STO 56947007-29.240.01.271-2019. Metodicheskie ukazaniya po tekhniko-ekonomicheskomu obosnovaniyu elektrosetevyh ob"ektov. Etalony obosnovanij. RAZRABOTAN: OOO «Inter RAO–Inzhiniring». UTVERZHDEN I VVEDYON V DEJSTVIE Prikazom PAO «FSK EES» ot 24.07.2019 № 235. VVEDYON VPERVYE

11. Myasoedov, YU.V. Metodologiya provedeniya energeticheskih obsledovanij. Uchebnoe posobie / YU.V. Myasoedov ; – Blagoveshchensk: Izd–vo AmGU, 2013. – 73 s.

12. Vinogradov A.V. Sposob i ustrojstvo dlya predotvrashcheniya obratnoj transformacii na transformatornyh podstanciyah 10/0,4 kV pri nesankcionirovannoj podache napryazheniya v set' 0,4 kV/ A.V. Vinogradov, A.V. Vinogradova, V.E. Bol'shev, A.V. Bukreev, A.A. Panfilov, M.V. Borodin, A.S. Bredihin, S.A. Kanyus// Promyshlennaya energetika. 2020. №7. S. 56-62.

Виноградов А.В., д.т.н., доцент, руководитель научного направления, заведующий лабораторией электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, winaleksandr@gmail.com

Виноградова А.В., к.т.н., ведущий научный сотрудник лаборатории электроснабжения и теплообеспечения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, alinawin@rambler.ru

Конкин Д.В., магистрант ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, dima.konkin.2014@mail.ru

ASPECTS OF THE IMPACT OF PHOTOVOLTAIC PLANTS ON THE OPERATION OF RURAL ELECTRICAL NETWORKS

Vinogradov A.V., Vinogradova A.V., Konkin D.V.

Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Abstract. Photovoltaic installations affect their operation of rural electrical networks in a number of aspects, including losses, power quality, electrical safety, uniformity of the load schedule, and others. There is a need to assess this impact, adjust regulatory documents related to the use of photovoltaic installations, since the uncontrolled growth of their number and power in the structure of rural electrical networks can lead to failure of transformers and power lines, unauthorized voltage supply, and other negative consequences. There can also be, of course, a positive impact in terms of reducing the voltage deviation at remote consumers, improving the quality of electricity in terms of other indicators, and reducing electricity losses. The calculations performed for an example of an electrical network containing a 10/0.4 kV transformer substation, a 0.4 kV transmission line and a load in the form of a group of residential buildings have showed that the use of a PMT leads to a reduction in electricity losses in a power transformer and their cost by 10-12%. Peak power consumption is reduced by 6-8%. The unevenness of the load graph increases, which shows an increase in the value of its form factor from 1.111 to 1.184.

Key words: photovoltaic installation, use of photovoltaic installations in rural electrical networks, influence of photovoltaic installations, no-load losses, transformer losses, loss reduction, uniformity of the load curve, electrical safety, connection of photovoltaic installations.

Vinogradov A.V., PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Laboratory for Electricity and Heat Supply, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5, e-mail: winaleksandr@gmail.com

Vinogradova A.V., Ph.D., Leading Researcher, Laboratory of Electricity and Heat Supply, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, alinawin@rambler.ru

Konkin D.V., Master of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, dima.konkin.2014@mail.ru

УДК 621.311.12

СРАВНЕНИЕ ТОКОВ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТЯХ С ГЛУХОЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Е.С. Смирнов[1], Т.А. Мамедов[2], В.И. Загинайлов[1]

[1]ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»
[2]ООО «Объединенная электросетевая компания»

Аннотация: *В статье приведено определение и сравнение токов однофазного короткого замыкания (ОКЗ) в сетях с глухозаземленной нейтралью на нейтральный провод и на землю. Определение токов ОКЗ на нейтральный провод и на землю проведено в электронной программе Electronics Workbench, сравнение с использованием графиков токов, изменяющихся в зависимости от изменения сопротивления заземления нагрузки. Установлено, что токи однофазного короткого замыкания на нейтральный провод в 4-5 превышают токи ОКЗ на землю. Однако токи однофазного короткого замыкания на землю в два и раза больше рабочих токов нагрузки и соответственно могут вызвать аварийные режимы работы сети, вплоть до возгорания проводки. Для предотвращения последствий от токов ОКЗ на землю необходимо разработать алгоритм их расчета и выбора соответствующей аппаратуры защиты от токов ОКЗ на землю.*

Ключевые слова: *ток, однофазное короткое замыкание, глухозаземленная нейтраль, заземление, электрическая сеть, нейтральный провод.*

Введение. В нормативно-технической документации [1,2] и научно технической литературе [3,4,5] приводится формула нахождения тока однофазного короткого замыкания в трехфазных сетях с глухозаземленной нейтралью:

$$I_к^{(1)} = \frac{U_ф}{\frac{Z_m}{3}+Z_n}, \quad (1)$$

где Z_m – полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус, приведенное к низкому напряжению трансформатора, Ом; Z_n – сопротивление петли «фазный провод – нулевой провод», Ом; $U_ф$ – фазное напряжение на выходе трансформатора, В.

В приведенной формуле не уточняется, какой ток рассчитывается: ток однофазного короткого замыкания (ОКЗ) на нейтральный провод или ток ОКЗ на землю. Согласно схемы замещения (рис. 1), однофазные короткие замыкания в трехфазных сетях с глухозаземленной нейтралью, могут быть на нейтральный провод или на землю, при этом токи ОКЗ определяются сопротивлениями фазного и нейтрального провода и/или заземлениями трансформатора и нагрузки.

Цель исследования: определение и сравнение токов однофазного короткого замыкания на нейтральный провод и на землю, при изменении сопротивления заземления общей точки нагрузки в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью

Материалы и методы.

В трехфазных сетях, электроприемники (ЭП) потребителей получают электроэнергию по линиям электропередачи (ЛЭП) от источников – силовых трансформаторов 10/04 кВ (рис.1). Общая точка соединений фазных обмоток трансформатора, со стороны низкого

напряжения называется нейтралью и обозначается буквой N. Общая точка соединения фаз трехфазного электроприемника называется нейтральной точкой приемника и обозначается буквой n. Провод Nn, соединяющий нейтральные точки источника и приемника, называется нейтральным проводом и подлежит заземлению.

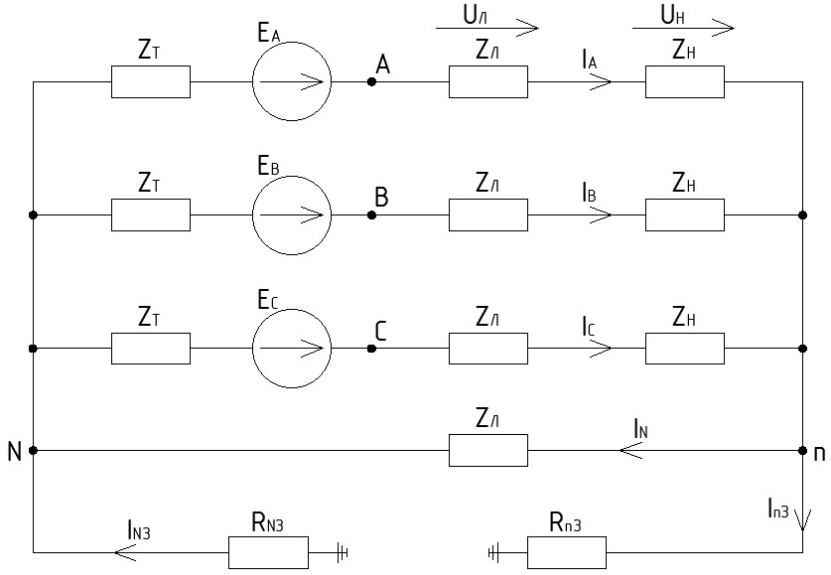


Рисунок 1 – Трехфазная неразветвленная электрическая сеть напряжением 380/220В с глухозаземленной нейтралью

Согласно ПУЭ [6], устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на шинах напряжением 3–20 кВ электростанций и подстанций, к которым присоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105% номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100% номинального в период наименьших нагрузок этих сетей [6, п.1.2.23]. Принимаем что и на шинах низкого напряжения ТП 10/0,4 кВ поддерживаются напряжения $U_Л$ / $U_Ф$ = 400/230 В, т.е. линейное напряжение равно: $U_Л$ = 400 В; фазное напряжение $U_Ф$ = 230 В.

Комплексные сопротивления нагрузки – совокупность работающих ЭП электропотребителей, подключенных в данный момент времени к ЛЭП , во всех фазах принимаем равными:

$$\underline{Z}_н = R_н + j\cdot X_н = Z_н \cdot e^{j\varphi_н}, \quad (5)$$

где $R_н$ и $X_н$ – соответственно активное и индуктивное сопротивления нагрузки – сопротивления подключенных ЭП в конце ЛЭП, определяемые через $S_{ном}$ – полные номинальные мощности нагрузки и $U_{ном}$ – номинальное напряжение нагрузки, В; $Z_н$ – модуль комплексного сопротивления (полное сопротивление) нагрузки,

$$Z_н = \sqrt{R_н^2 + X_н^2}; \quad (6)$$

$\varphi_н$ – угол сдвига фаз между напряжением и током нагрузке, определяемый соотношением активного и индуктивного сопротивлений нагрузки или соотношением активного и полного сопротивления нагрузки:

$$\varphi_н = arccos\frac{R_н}{Z_н}; \quad (7)$$

Комплексные сопротивления фазных проводов и нейтрального проводов ЛЭП принимаем равными [7]:

$$\underline{Z}_л = R_л + j\cdot X_л = Z_л \cdot e^{j\varphi_л}, \quad (2)$$

где $R_л$ и $X_л$ – соответственно активное и индуктивное сопротивления проводов ЛЭП; $Z_л$ – модуль комплексного сопротивления (полное сопротивление) проводов ЛЭП

$$Z_л = \sqrt{R_л^2 + X_л^2}\ ; \quad (3)$$

$\varphi_л$ – угол сдвига фаз между напряжением и током в проводах ЛЭП, определяемый соотношением активного и индуктивного сопротивления проводов ЛЭП:

$$\varphi_л = arccos\ \frac{R_л}{Z_л} \quad (4)$$

Величины активного и индуктивного сопротивлений ЛЭП определяются длиной ЛЭП $l_л$ (км), удельными активным R_0 и индуктивным X_0 сопротивлениями проводов ЛЭП (Ом/км), в соответствии с нормативно-технической документацией [7,8].

Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединена нейтраль трансформатора, в любое время года должно быть не более 4 Ом при линейном напряжении 380 В источника трехфазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений PEN- или PE-проводника ВЛ напряжением до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух. Сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали трансформатора должно быть не более 30 Ом при линейном напряжении 380 В источника трехфазного тока [6, п.1.7.101]:

Методы определения токов ОКЗ на нейтральный провод и на землю основаны на моделировании в программе Electronics Workbench, при этом использованы следующие обозначения токов

- I_A, I_B, I_C – фазные (линейные) токи соответственно в фазах А, В и С, А;
- I_N – ток нейтрального провода, А;
- I_{N3} – ток в заземляющем устройстве со стороны трехфазного источника, А;
- $I_{п3}$ – ток в заземляющем устройстве в конце ЛЭП, т.е со стороны нагрузки, А;
- I_c – ток в фазе С на нагрузке, после короткого замыкания фазы С, А;
- $I_{кС}^{(1)}$ – ток короткого замыкания фазы С, А;
- $I_{CN}^{(1)}$ – ток короткого замыкания фазы С на нейтральный провод, А;
- $I_{СЗ}^{(1)}$ – ток короткого замыкания фазы С на землю, А;

Результаты и обсуждения.

Определение токов в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью и токов ОКЗ на нейтральный провод (рис. 2) и на землю (рис. 4) проведены в программе Electronics Workbench. Моделирование проведено при питании нагрузки фазы мощностью $S_{ном}$ = 10 кВА от маслянного трансформатора ТМ 160 кВА фазным напряжением $U_Ф$ = 230 В, по ЛЭП длиной один км, выполненной проводом 3хА-70+1хА-70 с R_0 = 0,4131 Ом/км и X_0 = 0,29 Ом/км [7, 8], при сопротивление заземления со стороны источника переменного тока – силового трансформатора ТМ 160-10/04 кВ, принято равным $R_{N3} \leq 4$ Ом [6] и изменении сопротивления заземления общей точки нагрузки от 0,1 Ом до 200 Ом. В качестве примера рассмотрено ОКЗ фазы С.

Короткое замыкание фазы С на нейтральный провод. На рисунке 2 приведен фрагмент модели, в программе Electronics Workbench, трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, при коротком замыкание фазы С на нейтральный провод при $R_{п3}$ = 30 Ом. Результаты моделирования и определения параметров трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, при ОКЗ фазы С на нейтральный провод и изменении $R_{п3}$ от 0,1 Ом до 200 Ом представлены в таблице 1. На моделе (рис. 2), наряду с амперметрами, измеряющими токи

(табл. 1) использованы и вольтметры, измеряющие напряжения на нагрузках и проводах фаз, а также напряжение между нейтральными точками источника и приемника.

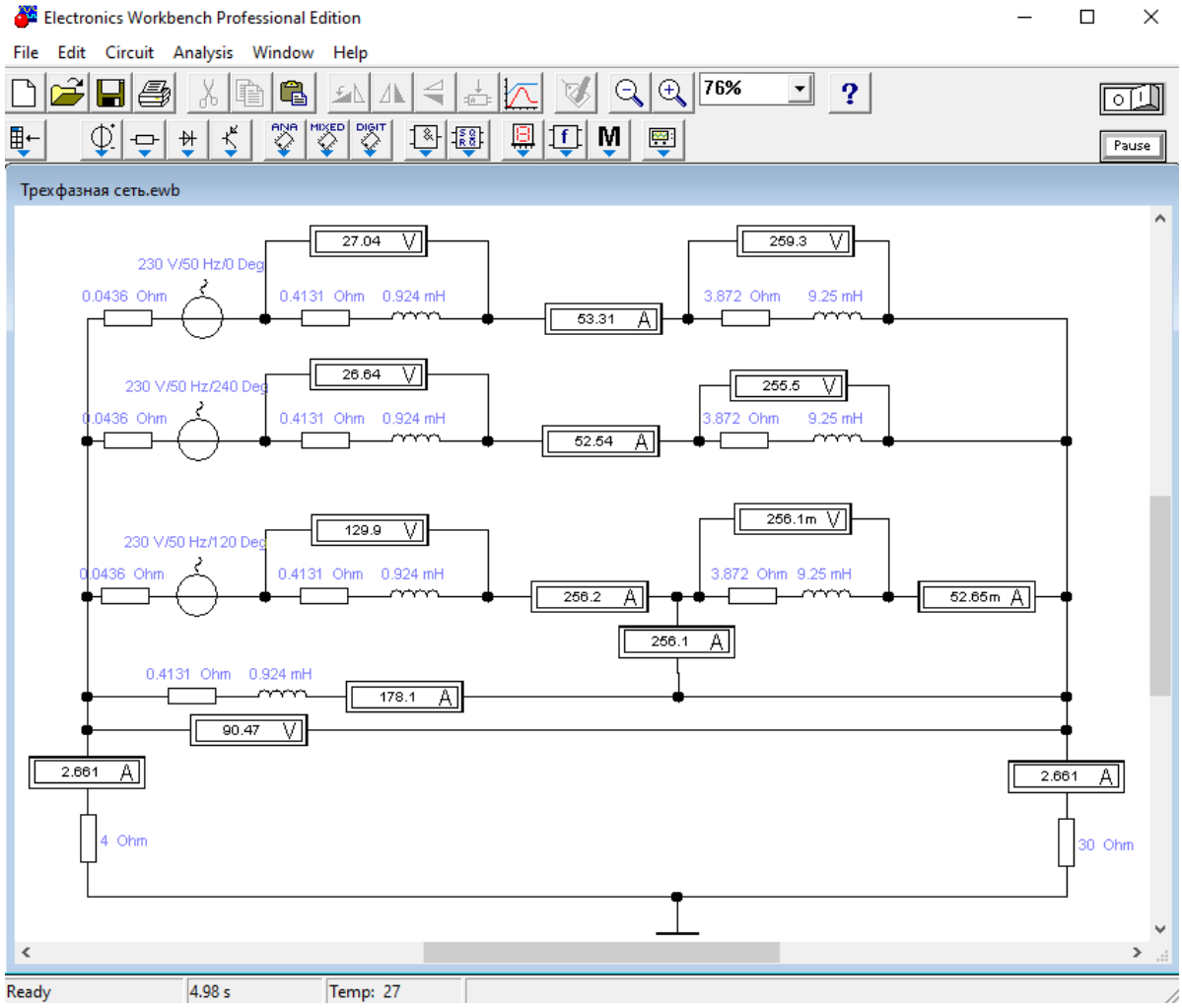


Рисунок 2 – Фрагмент моделирования трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, КЗ фазы С на нейтральный провод при $R_{п3}$ = 30 Ом

Таблица 1 – Результаты определения параметров трехфазной сети при ОКЗ фазы С на нейтральный провод

$R_{п3}$	0,1	1	5	10	20	30	50	100	200
I_A	52,51	52,66	52,99	53,15	53,26	53,31	53,35	53,39	53,41
I_B	52,38	52,41	52,48	52,51	52,53	52,54	52,55	52,55	52,55
I_C	262,8	261,5	258,7	257,5	256,6	256,2	255,8	255,6	255,4
I_c	0,054	0,054	0,053	0,053	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052
$I_{CN}^{(1)}$	262,8	261,5	258,7	257,5	256,5	256,1	255,8	255,5	255,4
I_N	170,8	172,3	175,3	176,6	177,7	178,1	178,5	178,8	179,0
I_{N3}	21,15	17,49	9,89	6.41	3,76	2,66	1,68	0,87	0,45
$I_{п3}$	21,15	17,49	9,89	6,41	3,76	2,66	1,68	0,87	0,45

В соответствии с результатами моделирования (табл. 1) изобразим графики изменения токов в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью (рис. 3), при ОКЗ фазы С на нейтральный провод изменении $R_{п3}$ от 0,1 Ом до 200 Ом.

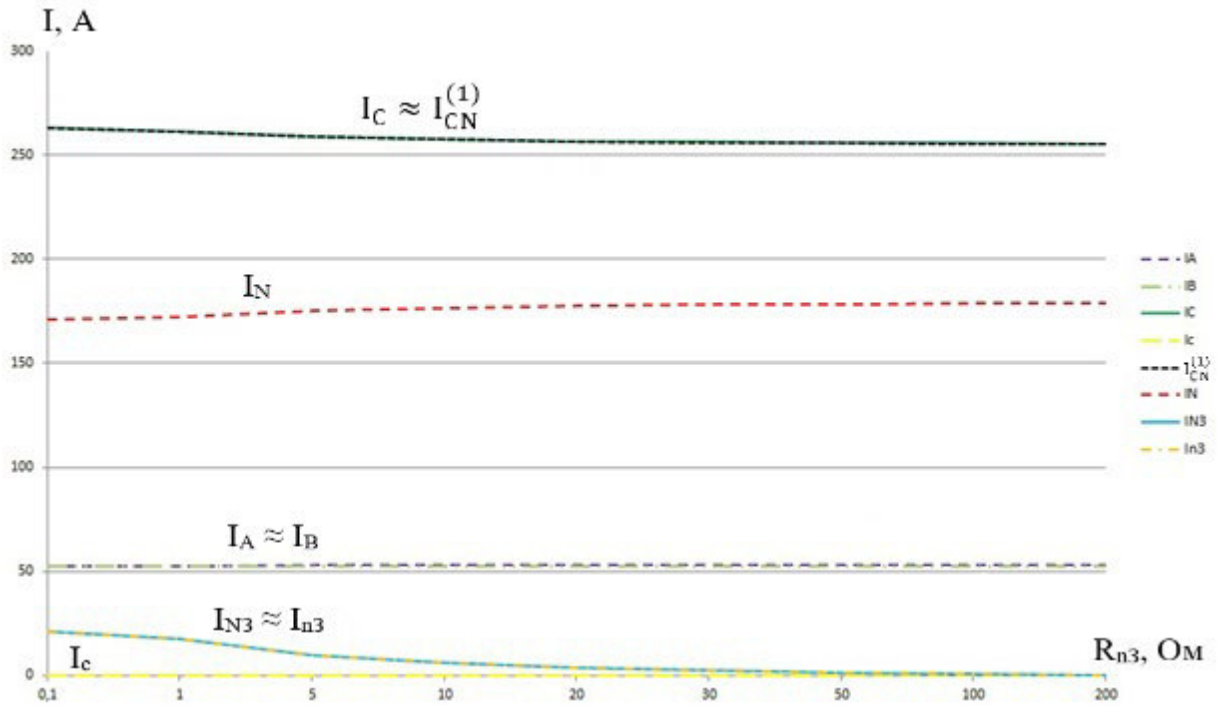


Рисунок 3 – Изменение токов в сети с глухозаземленной нейтралью при ОКЗ фазы С на нейтральный провод при изменении R_{n3} от 0,1 Ом до 200 Ом

При однофазном коротком замыкании фазы С на нейтральный провод, токи в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью (табл.1, рис. 3) и изменении R_{n3} от 0,1 Ом до 200 Ом практически не изменяются, а при R_{n3} = 30 Ом равны:

- ток фазы С превышает токи фаз А и В в 4,8 раза и равен току ОКЗ фазы С на нейтральный провод, $I_C = I_{CN}^{(1)}$ =256,1 А, ток в нагрузке I_c практически отсутствует;
- ток нейтрального провода составляет 0,7 от тока ОКЗ фазы С на нейтральный провод, $I_N = 0{,}7 \cdot I_{CN}^{(1)}$ = 178,1 А, при этом токи в фазах А и В увеличены на 20% по сравнению с токами в этих фазах до ОКЗ и примерно равны между собой;
- токи в заземляющих устройстве равны, $I_{N3} = I_{n3}$ = 2,66 А;
- напряжение между нейтральными точками nN сети составляет 90,47 В.

Короткое замыкание фазы С на землю. На рисунке 4 приведен фрагмент модели, в программе Electronics Workbench, трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, при коротком замыкание фазы С на землю при R_{n3} = 30 Ом. Результаты моделирования и определения параметров трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, при ОКЗ фазы С на землю и изменении R_{n3} от 0,1 Ом до 200 Ом представлены в таблице 2. На моделе (рис. 4), наряду с амперметрами, измеряющими токи (табл. 2) использованы и вольтметры, измеряющие напряжения на нагрузках и проводах фаз, а также напряжение между нейтральные точки источника и приемника.

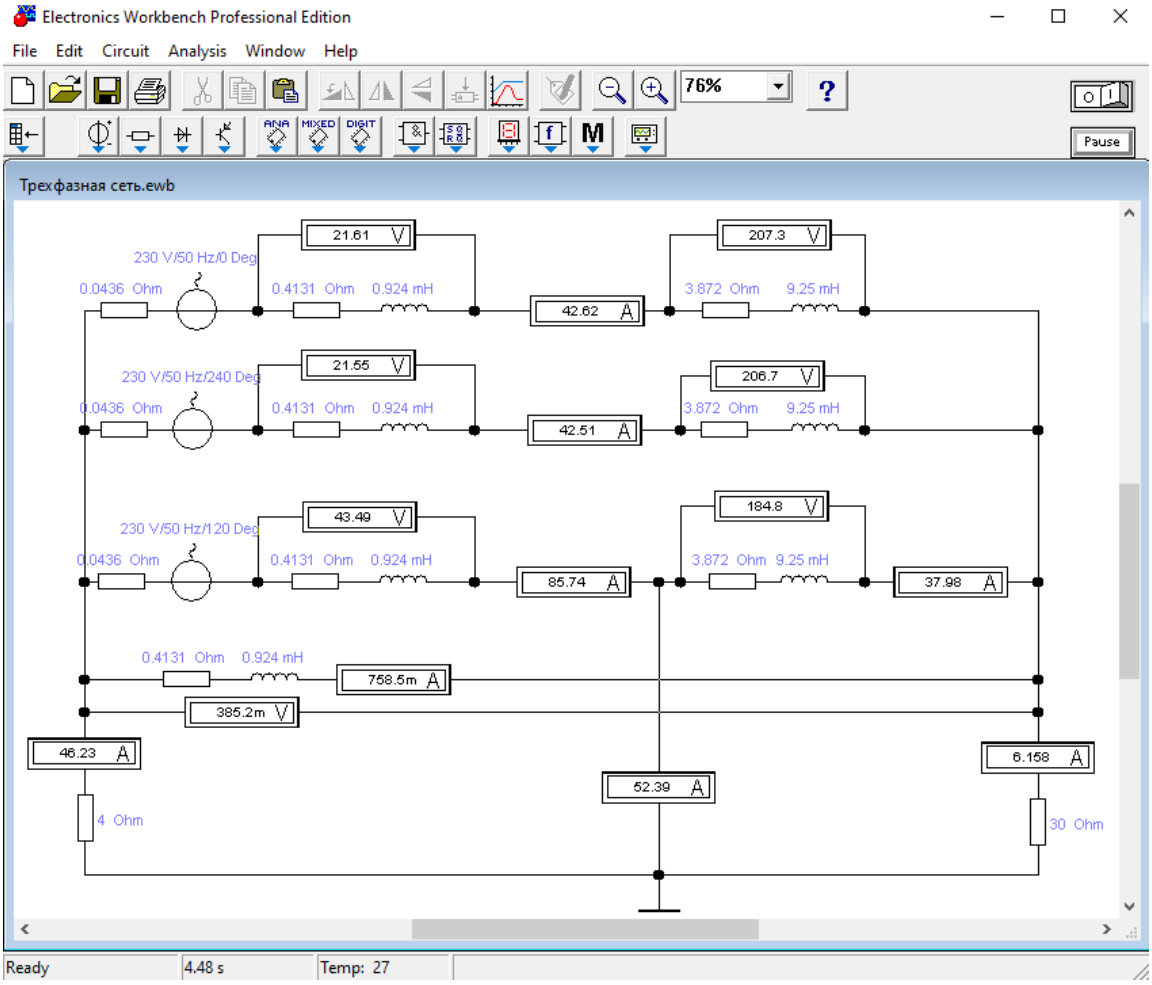


Рисунок 4 – Фрагмент моделирования трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью, КЗ фазы С на землю при $R_{пз}$ = 30 Ом

Таблица 2 – Расчет токов сети с глухозаземленной нейтралью, КЗ фазы С на землю при изменении $R_{пз}$ от 0,1 Ом до 200 Ом

$R_{пз}$	0,1	1	5	10	20	30	50	100	200
I_A	51,95	48,1	44,18	43,29	42,78	42,62	42,48	42,37	42,31
I_B	50,52	44,43	42,59	42,50	42,51	42,51	42,52	42,53	42,53
I_C	245,5	164,9	106,1	94,35	87,95	85,74	83,94	82,58	81,90
I_c	4,62	22,87	34,27	36,43	37,59	37,98	38,31	38,55	38,68
$I_{C3}^{(1)}$	241,9	146,6	77,04	62,9	55,09	52,39	50,17	48,49	47,64
I_N	152,9	75,11	19,96	8.9	2,83	0,76	1,06	2,35	3,01
I_{N3}	24,14	35,94	43,72	45,19	45,95	46,23	46,45	46,61	46,7
$I_{п3}$	220,3	111,0	33,33	17,72	9,14	6,16	3,73	1,87	0,94

В соответствии с результатами моделирования (табл.2) изобразим графики изменения токов в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью (рис. 5), при ОКЗ фазы С на землю при изменении $R_{пз}$ от 0,1 Ом до 200 Ом.

Токи в трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью (табл.2, рис. 5) при однофазном коротком замыкании фазы С на землю, уменьшаются при изменения $R_{пз}$ в пределах от 0,1 Ом до 30 Ом, практически остаются постоянными при изменения $R_{пз}$ в пределах от 30 Ом до 200 Ом и при $R_{пз}$ = 30 Ом равны:

- ток фазы С превышает, не изменившиеся после ОКЗ фазы С на землю примерно равные токи фаз А и В, всего в 2 раза и равен 85,74 А, ток в нагрузке I_c = 38 А практически равен рабочем току нагрузки до ОКЗ;

- ток нейтрального провода незначителен и равен минимуму I_N = 0,76 А, при этом напряжение между нейтральными точками nN сети практически отсутствует;

- ток ОКЗ фазы С на землю равен 0,2 от тока ОКЗ фазы С на нейтральный провод, $I_{C3}^{(1)}$ =0,2 $I_{CN}^{(1)}$А;

- ток в заземляющем устройстве источника увеличивается при увеличении $R_{п3}$ от 0,1 Ом до 200 Ом, а ток в заземляющем устройстве нагрузки уменьшается. При $R_{п3}$ = 5 Ом токи примерно равны. При $R_{п3}$ =30 Ом ток I_{N3} =46,23 А, а ток - $I_{п3}$ = 6,16 А

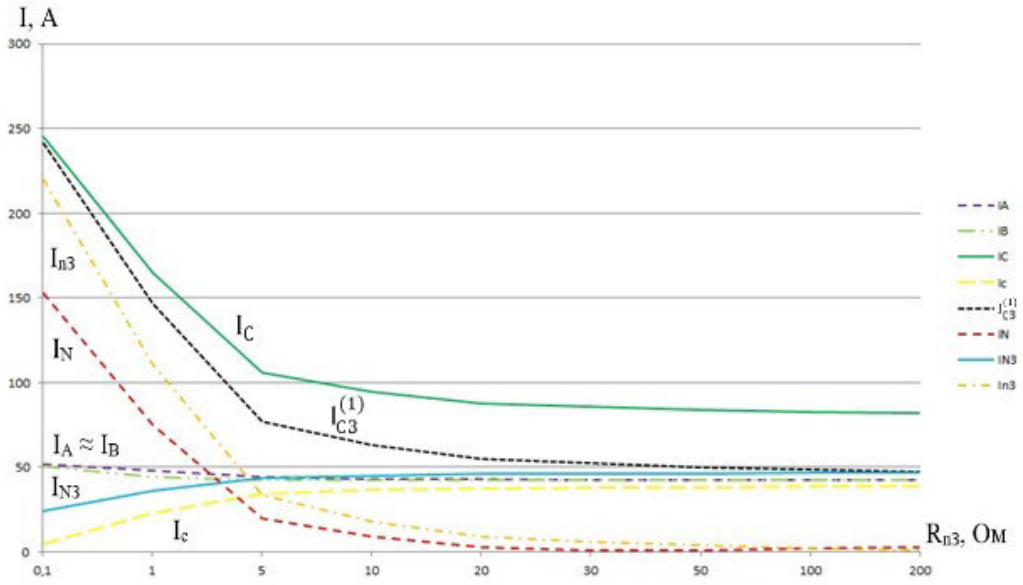


Рисунок 5 – Изменение токов в сети с глухозаземленной нейтралью и КЗ фазы С на землю при $R_{п3}$ от 0,1 Ом до 200 Ом

Заключение. Проведенное моделирование в программе Electronics Workbench и расчеты токов ОКЗ трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью показали, что по формуле (1) ведется определение токов ОКЗ на нейтральный провод. Токи однофазного короткого замыкания на нейтральный провод в 4-5 превышают токи ОКЗ на землю. Однако токи однофазного короткого замыкания на землю в два и раза больше рабочих токов нагрузки и соответственно могут вызвать аварийные режимы работы сети, вплоть до возгорания проводки. Для предотвращения последствий от токов ОКЗ на землю, необходимо разработать алгоритм их расчета и выбора соответствующей аппаратуры защиты от токов ОКЗ на землю.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 28249-93. Межгосударственный стандарт. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. Издательство стандартов, 1994.

2. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М.: «Изд-во НЦ ЭНАС», 2002 - 149с.

3. Лещинская Т.Б.. Электроснабжение сельского хозяйства [Текст]./ Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. –М.: БИБИКОМ-ТРАНСЛОГ, 2015. – 656 с.

4. Эрнст, А.Д. Расчет токов короткого замыкания в электрических системах: Учебное

пособие / А.Д. Эрнст, — Нижневартовск: Изд-во НГГУ, 2012. — 86 с.

5. Проектирование систем сельского электроснабжения: учеб. пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – 3-е изд., испр. и доп. – Красноярск, 2016.– 264 с.

6. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. – Новосибирск: Норматика, 2020. – 530 с.

7. Активные и индуктивные сопротивления проводов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://raschet.info/aktivnye-i-induktivnye-soprotivleniya-provodov/ – (Дата обращения: 14.05.2022).

8. ГОСТ 839-2019. Межгосударственный стандарт. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.

Е.С. Смирнов, магистр направления «Электроэнергетика и электротехника» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: egorsmirnov16@yandex.ru

Т.А. Мамедов, советник генерального директора ООО «Объединенная электросетевая компания», email: mta020593@mail.ru

В. И. Загинайлов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия, email: energo-viz@mail.ru

COMPARISON OF SINGLE-PHASE SHORT-CIRCUIT CURRENTS IN NETWORKS WITH A DEEPLY EARTHED NEUTRAL

E. S. Smirnov, T.A. Mamedov, V.I. Zaginaylov

Abstract: The article presents the definition and comparison of single-phase short-circuit (short-circuit) currents in networks with a deaf-grounded neutral to a neutral wire and to the ground. The determination of the short-circuit currents to the neutral wire and to the ground has been carried out in the electronic program Electronics Workbench, a comparison using graphs of currents that vary depending on changes in the load grounding resistance. It is established that the currents of a single-phase short circuit to a neutral wire are 4-5 times higher than the short-circuit currents to the ground. However, the currents of a single-phase short circuit to the ground are two or more times the operating currents of the load and, accordingly, can cause emergency modes of operation of the network, up to the ignition of the wiring. It is necessary to develop an algorithm for their calculation and selection of appropriate equipment for protection against short-circuit currents to the ground to prevent the consequences of short-circuit currents

Key words: current, single-phase short circuit, solidly grounded neutral, grounding, electrical grid, neutral wire.

E. S. Smirnov, master's degree in "Electrical Power Engineering and Electrical Engineering" at K.A. Timiryazev Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education of the Russian Academy of Agricultural Sciences, e-mail: egorsmirnov16@yandex.ru

T.A. Mamedov, Advisor to the General Director of United Power Grid Company LLC, email: mta020593@mail.ru

V.I. Zaginaylov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education of the Russian Academy of Agricultural Sciences named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation, email: energo-viz@mail.ru

УДК 621.3.03

ЭТАПЫ ИНТЕГРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ

Н.Е. Ртищева, К.П. Ртищев, В.И. Загинайлов, С.И. Белов

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. *На протяжении нескольких лет многие зарубежные страны внедряли в систему электроснабжения возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Опыт внедрения может быть в нашей стране, находящейся на первоначальном этапе использования ВИЭ. Обсуждение внедрения ВИЭ всё еще часто страдает от заблуждений, что может способствовать медленному развитию ВИЭ. Целью работы является рассмотрение этапов интеграции возобновляемых источников энергии в общую энергосистему страны. Для достижения цели использованы методы графического представления информации, методы статистического анализа, сопоставления и систематизации данных, анализа нормативно-технической документации. В статье описаны 4 этапа внедрения ВИЭ, исходя из выбранных критериев уровня интеграции. Россия только начинает свой путь внедрения ВИЭ с энергосистему страны. Но уже на этом этапе стоит предусмотреть меры для дальнейшего развития этой отрасли, чтобы снизить влияние проблем, возникающих при переходе на следующий этап.*

Ключевые слова: *Возобновляемые источники энергии, фотоэлектрическая установка, ветряная электростанция, внедрение ВИЭ, энергосистема, стабильность, гибкость.*

Введение. Мощность ветряных и солнечных фотоэлектрических установок во многих странах растет очень быстрыми темпами, благодаря государственной поддержке и резкому снижению стоимости технологий. К концу 2022 года эти технологии, которые в совокупности называются Возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), достигли двузначной доли годовой выработки электроэнергии в десяти странах. В Дании их доля в производстве электроэнергии возросла примерно до 50% [1], а в Ирландии, Испании и Германии составила около 40% [2], во всех случаях без ущерба для надежности электроснабжения.

ВИЭ подсоединяются к централизованной системе электроснабжения, в непосредственной близости от места ее потребления. Считается, что основной эффект по энергосбережению и повышению энергетической эффективности работы централизованной системы электроснабжения с распределенной генерацией, достигается за счет снижения потерь электроэнергии при ее преобразованиях в трансформаторных подстанциях и передачи по воздушным и кабельным линиям электропередачи [3]

ВИЭ все еще часто страдает от заблуждений, мифов, а в некоторых случаях даже дезинформации. Часто слышимые претензии включают в себя то, что накопление электроэнергии является необходимым условием для интеграции ВИЭ, и что обычные генераторы подвергаются очень высоким дополнительным затратам по мере роста доли ВИЭ. [4] Такие заявления могут отвлечь лиц, принимающих решения, от реальных, хотя в конечном счете регулируемых, проблем.

Целью работы является рассмотрение этапов интеграции возобновляемых источников энергии в централизованную энергосистему страны. Для достижения цели, необходимо решение следующих задач: определить основные структурные и технические факторы, определяющие масштабы проблем интеграции, предложить этапы внедрения ВИЭ (интеграции), определить уровень интеграции ВИЭ в России

Материалы и методы.

Настоящее исследование проведено методами статистического анализа, сопоставления и систематизации данных, анализа нормативно-технической документации.

Обсуждение и результаты исследований.

Примем, что существует несколько этапов развития ВИЭ в стране, они характеризуются количеством электростанций, работающих на ВИЭ, и степенью их влияния на централизованную электросеть. Эти этапы отличаются увеличением воздействия вырабатываемой мощности ВИЭ на энергосистему.

На протяжении нескольких лет многие зарубежные страны внедряли в систему электроснабжения ВИЭ. Их опыт может быть полезен тем, кто только встал на путь возобновляемых источников энергии в системе электроснабжения. В статье [4] указано о существовании 6 этапов внедрения ВИЭ с систему электроснабжения. В зависимости от этапа внедрения меняется влияние ВИЭ на гибкость всей системы. Гибкость в этом контексте связана со способностью энергосистемы справляться с высокой степенью неопределенности и изменчивости баланса спроса и предложения.

Самое главное свойство, отличающее ветровые и солнечные фотоэлектрические системы от других источников выработки электроэнергии, заключается в том, что выработка возобновляемой энергии колеблется с течением времени. Это обусловлено различной доступностью ветра и солнечного света. Неопределенность результатов и другие факторы могут привести к ряду проблем, особенно на ранних этапах размещения, когда на самом деле проблем меньше всего.

Мы определим четыре этапа интеграции ВИЭ. Они различаются по воздействию на работу энергосистемы в результате увеличения доли мощности ВИЭ. Невозможно вывести простые правила, связывающие, например, определенную годовую долю энергии ветра и солнца с определенным уровнем усилий по интеграции или затрат. Обобщение неизбежно упускает из виду важные тонкости, но обеспечивает полезную основу для определения приоритетных задач сетевой интеграции, которые в противном случае могут быть представлены рядом проблем в начале интеграции. Доля генерации ВИЭ, при которой можно сказать, что система переходит в следующую фазу, зависит от ряда обстоятельств.

Основные структурные и технические факторы, определяющие проблемы интеграции:

• Географическое и техническое распространение ВИЭ: больший «разброс» влечет меньшие проблемы.

• Мощность энергосистемы: более крупные системы сталкиваются с меньшими проблемами.

• Соответствие между спросом и производством ВИЭ (сезонным и ежедневным): оптимальный баланс влечет меньше проблем.

• Гибкость электростанций (будь то тепловые, гидроэлектростанции или другие управляемые возобновляемые источники энергии): более короткое время запуска, способность снижать производительность до минимальных значений и более быстрое нарастание (изменение производительности) означают меньшее количество проблем.

• Взаимосвязь, хранение данных, прогнозирование и реагирование на спрос: чем больше присутствие каждого фактора, тем более управляемой является интеграция.

• Функционирование системы, проектирование рынка и регулирование
• Эксплуатация системы: оперативные решения для электростанций и подключений новых источников и потребителей должны быть близки к работе в режиме реального времени.
• Технические стандарты (сетевые коды): если для электростанций ВИЭ будет требоваться системное обслуживание, проблемы интеграции будут меньше. (Такие требования должны быть сбалансированы с дополнительными затратами на электростанции ВИЭ.)
• Эволюция спроса на электроэнергию: растущий спрос создает возможности для инвестиций в ВИЭ без вытеснения действующей генерации; будущий спрос может быть сформирован (в некоторой степени) в соответствии с предложением.

Первый этап на удивление прост: объем производства мощности от ВИЭ не оказывает заметного влияния на систему. Там, где ветряные или солнечные установки установлены в системе, намного большей, чем ВИЭ, вырабатываемая мощность (и ее колебания) останутся незамеченными.

На втором этапе влияние ВИЭ становится заметным, но, за счет совершенствования методов эксплуатации, объем ВИЭ может быть довольно легко интегрирован. Например, может потребоваться создать систему прогнозирования мощности ВИЭ, чтобы гибкие электростанции могли эффективно контролировать изменчивость ВИЭ и реагировать на спрос.

На третьем этапе возникает первая, значительная проблема. В двух словах, влияние изменчивости ВИЭ ощущается, как с точки зрения общей работы системы, так и другими электростанциями. На этом этапе гибкость энергосистемы становится важной.

Сегодня двумя основными ресурсами для увеличения гибкости системы являются диспетчерские электростанции и сеть передачи. В некоторых системах существующий гидроаккумулятор с перекачкой также может внести соответствующий вклад. Заглядывая в будущее, можно сказать, что более инновационные решения, такие как новые технологии хранения данных и крупномасштабная РСН (реакция на спрос), станут эффективными регуляторами гибкости.

Новые проблемы возникают и на четвертом этапе. Они очень техничны по своей природе и менее интуитивны, чем гибкость и связаны со стабильностью энергосистемы. Стабильность энергосистемы характеризует ее способность противостоять возмущениям в очень короткие сроки. Например, при выходе из строя более крупного генератора стабильная энергосистема будет видеть лишь небольшое отклонение от своих номинальных рабочих настроек. Напротив, в менее стабильных системах потеря большого блока может привести к ряду значительных воздействий, которые могут поставить под угрозу надежность и бесперебойность энергосистемы, и которые проявляются в течение нескольких секунд или меньше.

Момент, когда стабильность системы становится проблемой для интеграции ВИЭ, очень специфичен для системы и может зависеть от инженерных решений, которые были приняты много десятилетий назад. Поэтому не существует простого правила, позволяющего определить, когда возникнут проблемы со стабильностью. Энергосистема не будет резко переходить от одного этапа к другому.

Этапы носят концептуальный характер и предназначены просто для того, чтобы помочь расставить приоритеты задач. Например, проблемы, связанные с гибкостью, будут постепенно возникать на втором этапе, прежде чем станут отличительной чертой третьего этапа. Аналогичным образом, некоторые проблемы, связанные со стабильностью системы, возникнут уже на третьем этапе. Невозможно точно сказать при какой доле ВИЭ возникнет

проблема интеграции, например, в странах, находящихся в настоящее время на втором этапе развертывания, доля ВИЭ составляет от 3% до 13%. Обобщенные характеристики этапов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Этапы внедрения ВИЭ

	свойства (возрастающие по мере прохождения этапов)			
	1 этап	2 этап	3 этап	4 этап
Характеристики системы	Объем мощности ВИЭ не имеет значение для основной системы	Мощность ВИЭ становиться заметной для системных операторов	Гибкость становиться актуальной при больших перепадах спроса и предложения	Стабильность становится актуальной. Мощность ВИЭ покрывает почти 100% спроса в определенное время
Воздействие на существующие генераторы	Нет отличия от обычной сетевой нагрузки	Нет значительного увеличения неопределенности и изменчивости сетевой нагрузки, но есть небольшие изменения в схемах работы существующих генераторов для приспособления к ВИЭ	Большое непостоянство в сети нагрузки. Главные различия в операционных схемах; сокращение электростанций, работающих непрерывно	Ни одна ЭС не работает круглосуточно; все электростанции корректируют мощность в соответствии с ВИЭ
Воздействие на энергосистему	Локальная система расположена вблизи точек подключения если таковые имеются	Очень вероятно влияние на условия местной электросети; возможны перегрузки при передаче, вызванные изменением потоков электроэнергии по сети	Значительные изменения в структуре энергопотока, обусловленные погодными условиями в разных местах; увеличенные двусторонние потоки между частями сети с высоким и низким напряжением	Потребность в усилении всей сети и улучшенная способность сети восстанавливаться после возмущений
Проблемы зависят от	Локальных условий в сети	Соответствие между спросом и производством ВИЭ	Наличие гибких ресурсов	Прочность системы для противостояния возмущениям

Причиной отставания России в области развития возобновляемой энергетики является многолетнее промедление в создании работающих систем стимулирования использования ВИЭ, в то время как в индустриальных зарубежных странах такое стимулирование стало одним из определяющих факторов инновационного развития. Отсутствие явной заинтересованности Правительства в создании отдельного направления возобновляемой энергетики снизило веру инвесторов в серьезность официальных намерений развивать технологии использования ВИЭ в России. Поставленные сейчас цели также уступают

масштабностью планам развития в других странах. При скептическом взгляде столь ограниченные перспективы могут создать впечатление чисто формального подхода, направленного на создание картины отчетности о наличии сферы «зелёной энергетики» в России.[5]

Россия только начинает свой путь внедрения ВИЭ в энергосистему страны. Но уже на этом этапе стоит предусмотреть меры для дальнейшего развития этой отрасли, чтобы снизить влияние проблем, возникающих при переходе на следующий этап. В 2021 году доля ВИЭ-генерации в общем объеме энергопотребления Единой энергетической системы России составила около 0,5%. Наиболее крупные СЭС в России это Аршанская СЭС мощностью 115,6 МВт (1-я и 2-я очереди), Перово мощностью 105,6 МВт, Охотниково мощностью 82,65 МВт, расположенные в Республике Крым, Старомарьевская СЭС (1-я и 2-я очереди), расположенная в Ставропольском крае, мощностью 100 МВт, Самарская СЭС, мощностью 75 Мвт, Фунтовская СЭС Астраханской области той же мощности. [6] В пятерке лидеров ВЭС расположились электростанции АО «НоваВинд» (Росатом) в Ставропольском крае, республике Адыгея и Ростовской области суммарной мощностью 600 МВт, а также Кольская ВЭС установленной мощностью 201 МВт в Мурманской области и введенная в эксплуатацию в этом году.[7]

В настоящий момент Россия находится на начальном этапе внедрения ВИЭ. Согласно поправкам, внесенным в Федеральный закон N 35-ФЗ, от 27 декабря 2019 года объектам микроэнергетики, принадлежащим частным и юридическим лица разрешено присоединение к централизованной электросети с возможностью выдачи избытков электроэнергии в сеть [8]. В районах с децентрализованным электроснабжением СЭС могут быть актуальны в качестве децентрализованных систем электроснабжения, а в качестве систем экономии электроэнергии в районах с наличием системы централизованного электроснабжения. В зависимости от цели установки СЭС подбирают наиболее подходящий тип электростанции. [9]

Выводы:

Предложено 4 этапа интеграции ВИЭ в энергосистему страны. Для оценки масштаба проблем интеграции определены основные структурные и технические факторы. Пользуясь ими, можно условно разделить путь развития ВИЭ на несколько этапов внедрения ВИЭ, а также определить текущий этап в той или иной стране или ее области. В России только начинается внедрение ВИЭ. Их доля только приближается к отметке в 1%. При грамотном подходе к внедрению ВИЭ в нашей стране возможно добиться стабильной совместной работы традиционных электростанций и электростанций, работающих от ВИЭ.

Учитывая опыт стран, которые ушли по доле «зеленой энергетики» далеко вперед, можно узнать об основных трудностях, которые могут возникнуть на каждом из этапов внедрения ВИЭ, а также предусмотреть снижение их влияния или полное его отсутствие. При желании внедрить электростанции ВИЭ, необходимо учитывать и заранее предусматривать пути повышения гибкости всей энергосистемы.

Список использованных источников:

1. «Red Eléctrica de España» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.a2365953-643fc346-22fa5c77-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Red_Eléctrica_de_España (Дата обращения: 17.04.2023)

2. Энергоэкономические модели регионов и стран мира. Итоги 25-летнего

развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.eeseaec.org/energoekonomiceskaa-model-danii (Дата обращения: 17.04.2023)

3. Zaginaylov, V., Mamedov, T., Stushkina, N., Leshtayev, O., Rtishcheva, N. Improving reliability of power supply facilities in agro-industrial sector//E3S Web of Conferences, 2023, 371, 03041

4. Getting Wind and Sun onto the Grid. A Manual for Policy Makers/ IEA PUBLICATIONS, International Energy Agency//2017, 69 c.

5. Шклярук М.С. Возобновляемая энергетика: экономические инструменты поддержки и оценка их нормативно-правового закрепления / Шклярук М.С.// СПб, 2015, 46с.

6. Список солнечных электростанций [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_солнечных_электростанций_России (Дата обращения: 17.04.2023)

7. Список ветряных электростанций [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_ветряных_электростанций_России (Дата обращения: 17.04.2023)

8. Доклад о реализации Энергетической стратегии России на период до 2030 года по итогам 2018 года, 2018 – С. 57

9. Rtishcheva, N. E. Analysis of power supply options for a stable from a solar power plant/ N. E. Rtishcheva, O. V. Leshtaev , K. P. Rtishchev// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 808 012013, 2021г.

Bibliography:

1. "Red electronics of Spain" [Electronic resource]. – Access mode: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.a2365953-643fc346-22fa5c77-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Red_Eléctrica_de_España (Accessed: 04/17/2023)Report on the implementation of Russia’s energy strategy for the period up to 2030 based on the results of 2018, 2018 – p. 57

2. Energy economic models of regions and countries of the world. Results of 25-year development [Electronic resource]. – Access mode: https://www.eeseaec.org/energoekonomiceskaa-model-danii (Accessed: 04/17/2023)

3. Zaginaylov, V., Mamedov, T., Stushkina, N., Leshtayev, O., Rtishcheva, N. Improving reliability of power supply facilities in agro-industrial sector//E3S Web of Conferences, 2023, 371, 03041

4. Getting Wind and Sun onto the Grid. A Manual for Policy Makers/ IEA PUBLICATIONS, International Energy Agency//2017, 69 c.

5. Shklyaruk M.S. Renewable energy sources: economic instruments of support and assessment of their regulatory and legal consolidation // Shklyaruk M.S.// SPb, 2015, 46c.

6. List of solar power plants [Electronic resource]. – Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/List of solar power plants_(accessed 17.04.2023)

7. List of wind farms [Electronic resource]. – Access mode: https://ru.wikipedia.org/wiki/List of wind power plants in Russia (accessed 17.04.2023)

8. Report on the implementation of Russia's Energy Strategy for the period up to 2030 based on the results of 2018, 2018 – p. 57

9. Rtishcheva, N. E. Analysis of power supply options for a stable from a solar power plant/ N. E. Rtishcheva, O. V. Leshtaev, K. P. Rtishchev// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 808 012013, 2021г

Владимир Ильич Загинайлов – доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. energo-viz@mail.ru

Белов Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева. sbelov@rgau-msha.ru

Ртищева Надежда Евгеньевна, Ртищев Кирилл Петрович – студенты 1 курса магистратуры 1 курса направления подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.

STAGES OF INTEGRATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO THE ENERGY SYSTEM

Rtishcheva N.E., Rtishchev K.P., Zaginailov V.I., Belov S.I.

RSAU – MTAA named after K.A. Timiryazev

Abstract. For several years, many European countries have been introducing renewable energy into the power supply system. Their experience can be useful to those who have just embarked on the path of alternative energy sources in the power supply system. The discussion of RES implementation still often suffers from misconceptions, which can contribute to the slow development of RES. The purpose of the work is to consider the stages of integration of renewable energy sources into the general energy system of the country. The methods of graphical representation of information, methods of statistical analysis, comparison and systematization of data, analysis of regulatory and technical documentation have been used to achieve the goal. The article proposes and describes 4 stages of RES implementation, based on the selected criteria for the distribution of the level of integration. Russia is just beginning its path of introducing renewable energy into the country's energy system. But already at this stage, it is worth considering measures for the further development of this industry in order to reduce the impact of problems arising during the transition to the next stage.

Keywords: Renewable energy sources, solar power plant, wind power plant, renewable energy integration, energy system

Vladimir Ilyich Zaginailov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian State Agricultural Academy named after K.A.Timiryazev. energo-viz@mail.ru

Belov Sergey Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Russian State Agricultural Academy named after K.A.Timiryazev sbelov@rgau-msha.ru

Nadezhda Evgenievna Rtischeva, Kirill Petrovich Rtischev – 1st year students of the 1st year master's degree in the direction of training 13.04.02 "Electric power and electrical engineering", RGAU-MSHA named after K.A.Timiryazev.

УДК: 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Дерен Ф. Д., Пепин В. М., Васильев А. Н.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва

Аннотация: *В статье рассмотрено решение проблемы наличия в цепях создания высоковольтных импульсов формирующих разрядных промежутков. Такие цепи используются в установках электрогидравлического удара, которые используются для приготовления питательных растворов, очистки сточных вод, разрушения горных пород и т. д. Наличие формирующих разрядных промежутков создает опасность эксплуатации установки, что накладывает ограничения по использованию данной технологии. Целью работы является изучение возможности формирования импульсов без использования формирующих разрядных промежутков. В результате работы проведено моделирование цепей без формирующих разрядных промежутков с использованием различных источников питания и сделаны выводы о достоинствах и недостатках использования в схеме тех или иных источников питания, а также сообщены планы дальнейшего исследования на экспериментальной установке.*

Ключевые слова: *Цифровое моделирование, формирование импульсов, электрогидравлический удар, питательный раствор.*

Введение. На данный момент существуют разработки высоковольтных импульсных установок для приготовления питательного раствора [1], [5], [6], [7], [10], [11]. С помощью таких установок, возможно приготовление питательных растворов для полива культурных растений. Во время прохождения высоковольтного электрического разряда через воду возникает резкое повышение температуры в области разряда, что вызывает мгновенное испарение жидкости, которое влечет за собой появление большой разницы между атмосферным давлением и давлением в области разряда, что обеспечивает обогащение воды азотом и озоном [9]. Использование полученного при таком способе изготовления питательного раствора должно повысить урожайность с/х культур. Основной проблемой данных установок является небезопасность эксплуатации из-за наличия формирующих разрядников. Они служат для увеличения крутизны фронта и уменьшения длительности получаемого разряда. Решением данной проблемы может стать разработка установки с новой схемой цепи формирования высоковольтных импульсов, основанной на использовании катушки зажигания.

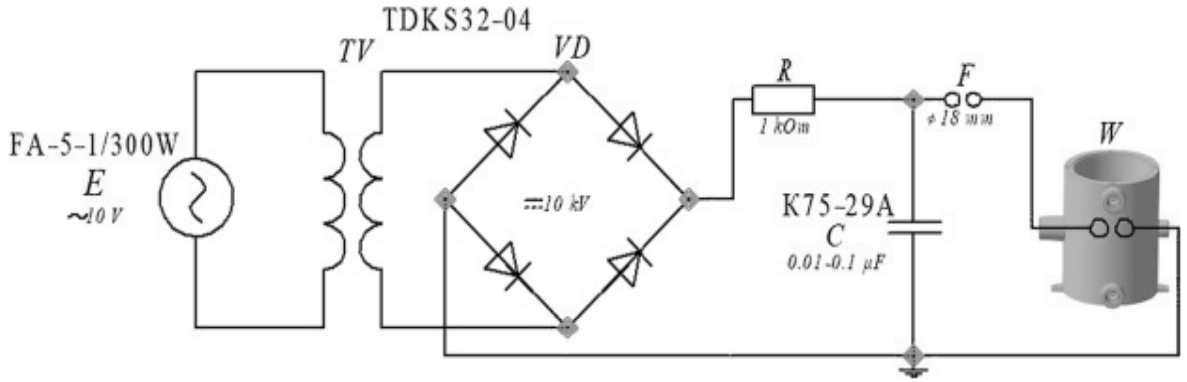
Работа посвящена цифровому моделированию переходных процессов в цепи формирования высоковольтных импульсов установки электрогидравлического удара. Целью работы является изучение возможности создания высоковольтных импульсов стабильных по амплитуде и частоте без использования формирующих разрядников.

Анализ литературных источников по проблеме исследования.

Советский ученый Л. А. Юткин изучил явления, происходящие в воде во время прохождения через нее электрического разряда, назвав их в 1950 году

электрогидравлическим эффектом (ЭГЭ) [2]. Он нашел множество способов применения этого эффекта в промышленности и разработал большое количество установок на его основе. В последствии, особую популярность исследования на эту тему получили в странах Европы и Африки [12], [13], [14], [15]. Были разработаны образцы установок для очистки сточных вод и приготовления питательных растворов, но до сих пор не появилось готового решения данной установки, которое могло бы пойти в массовое производство.

Основным недостатком стандартных схем электрогидравлического удара является наличие формирующего разрядного промежутка, что создает опасность эксплуатации данных установок (Рис. 1) [1].



E - источник питания, TV - высоковольтный трансформатор, VD - диодный мост, R - ограничивающий резистор, C - высоковольтный конденсатор, F - формирующий разрядный промежуток, W - рабочий разрядный промежуток

Рисунок 1 - Стандартная схема установки электрогидравлического удара

От источника питания подаётся напряжение на обмотку высоковольтного трансформатора, с этой обмотки на повышающий трансформатор, предназначенный для увеличения энергии импульса. После напряжение проходит через выпрямитель и появляется на ограничивающем резисторе. Формирующий разрядный промежуток функционирует как высоковольтный ограничитель и сокращает продолжительность разряда. Длительность разряда не превышает десятка миллисекунд. За это время электрическая энергия переходит в тепловую и механическую. Для формирования ударного импульса необходимо подавать ступенчатое напряжение, то есть нужно управлять напряжением на электродах. Проблемой данной установки является наличие формирующих разрядных промежутков, что приводит к невозможности использования ее в быту из-за повышенной опасности эксплуатации.

Была начата разработка усовершенствованной установки чтобы добиться уменьшения габаритных размеров и повышения безопасности за счет избавления схемы от формирующего разрядного промежутка. В следствии этого, появилась необходимость в моделировании переходных процессов, происходящих в данной цепи формирования высоковольтных импульсных разрядов, в результате которого необходимо определить возможность возникновения искрового разряда на рабочем разрядном промежутке. Для этого была использована программа Matlab и ее расширение Simulink для цифрового моделирования.

Цель исследования:

– Изучить возможность создания разряда в схеме без формирующего разрядного промежутка с различными источниками питания.

– Изучить возможность использования источников напряжения постоянного и

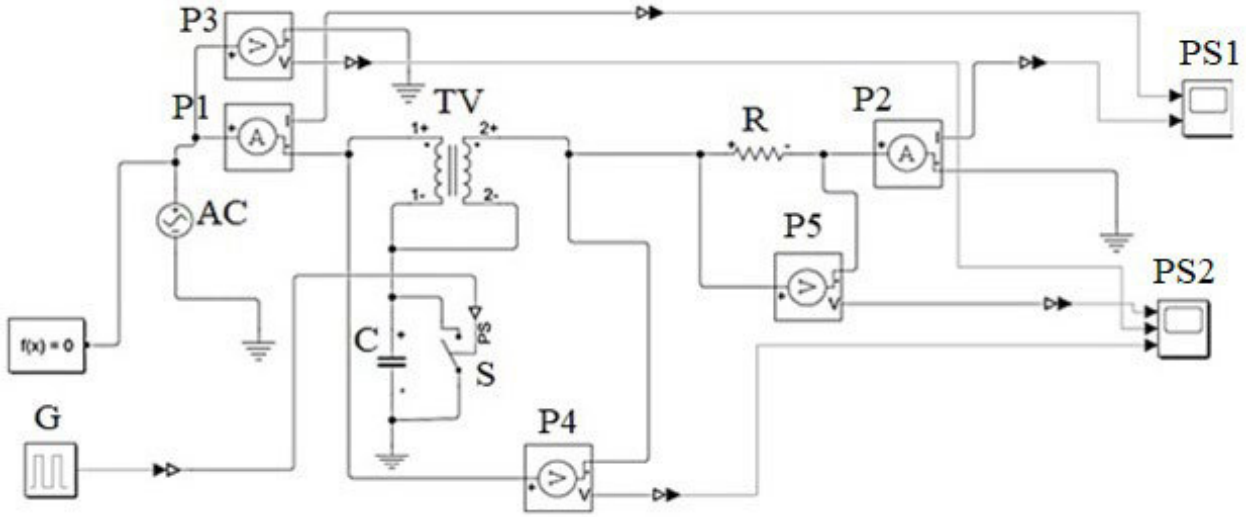
переменного тока, а также возможность использования в качестве источника питания генератора импульсов.

– Изучить возможность создания разряда в схеме без формирующего разрядного промежутка и размыкателя в первичной цепи в случае использования в качестве источника питания генератора импульсов.

Проведение моделирования переходных процессов в цепи формирования высоковольтных импульсов установки электрогидравлического удара

Цифровая модель электрической схемы установки электрогидравлического удара включает в себя две цепи – первичную и вторичную (рис. 2). Первичная цепь состоит из источника питания *AC*, первичной обмотки взаимного индуктора *TV* индуктивностью 3,7 мГн, конденсатора *C* емкостью 100 пФ и параллельно подключенного к нему размыкателя, который управляется генератором импульсов. Вторичная цепь состоит из вторичной обмотки взаимного индуктора *TV* индуктивностью 23,5 мГн и нагрузочного сопротивления *R* сопротивлением 100 кОм, которое симулирует нагрузку на рабочих разрядных промежутках и было использовано из-за отсутствия в библиотеке Simulink разрядных промежутков [9]. На данный момент эта неточность не является критичной, так как в следствии моделирования, на данный момент, необходимо определить параметры импульса во вторичной цепи, а также увидеть происходящие в цепи переходные процессы. Итоги моделирования выводятся на осциллографы с помощью амперметров, включенных в первичную и вторичную цепь, и вольтметров, подключенных к первичной цепи, взаимному индуктору и нагрузочному сопротивлению.

Первое моделирование было проведено с использованием источника напряжения переменного тока амплитудой 12В (Рис. 2). Режим работы генератора импульсов настроен так, чтобы обеспечивать нормально открытый контакт размыкателя и частоту выходных импульсов 1 Гц.



AC – источник напряжения переменного тока, *TV* – взаимный индуктор, *R* – нагрузочное сопротивление, *C* – конденсатор, *S* – управляемый размыкатель, *G* – генератор импульсов, *P1 - P2* – амперметры, *P3 - P5* – вольтметры, *PS1 - PS2* – осциллографы.

Рисунок 2 - Принципиальная усовершенствованная схема установки электрогидравлического удара с источником напряжения переменного тока амплитудой 12В

В результате моделирования работы данной схемы были получены импульсы силы

тока с одинаковой амплитудой и фронтом, которые не менялись с увеличением числа разрядов. Амплитуда импульсов в первичной цепи составила 2,8 А (рис. 2.1), а во вторичной 0,15 А (рис. 2.2).

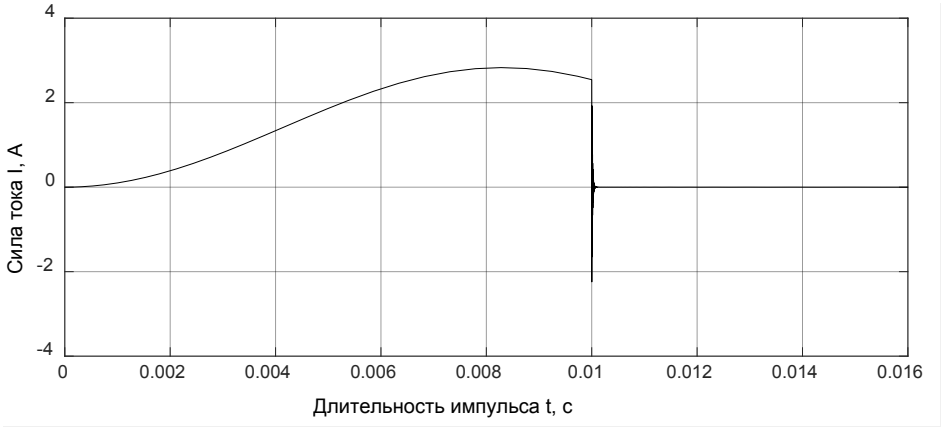


Рисунок 2.1 - Графическое изображение силы тока импульса в первичной цепи

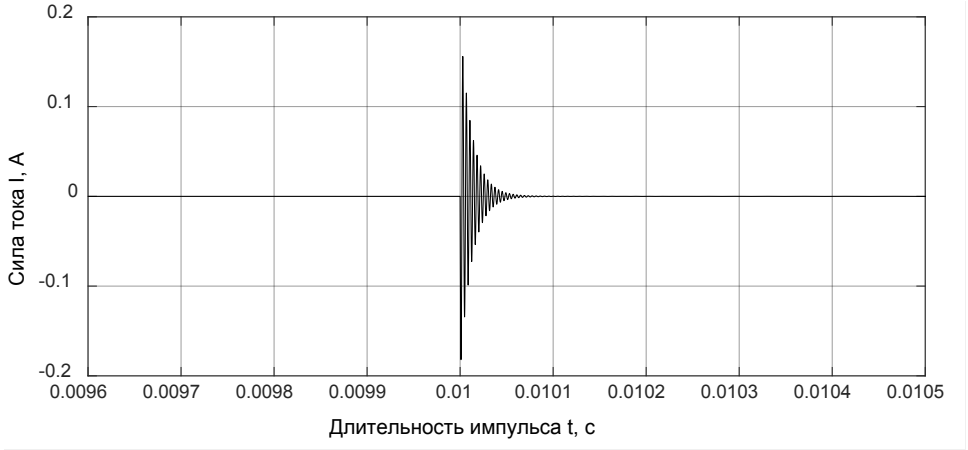


Рисунок 2.2 - Графическое изображение силы тока импульса во вторичной цепи

Сила тока импульсов в первичной цепи является очень важным показателем, так как катушка зажигания имеет допустимые значения длительного протекания тока, которые зависят от модели катушки [8].

Также было получено значение напряжения импульса во вторичной цепи (рис. 2.3).

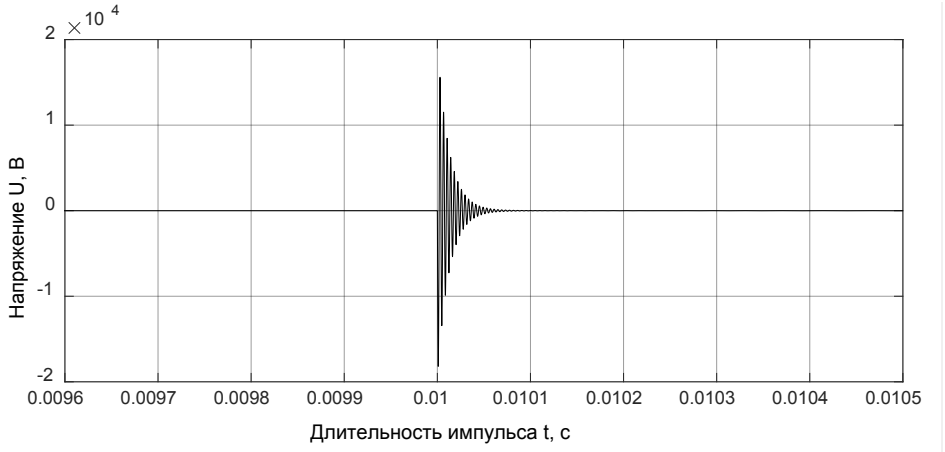


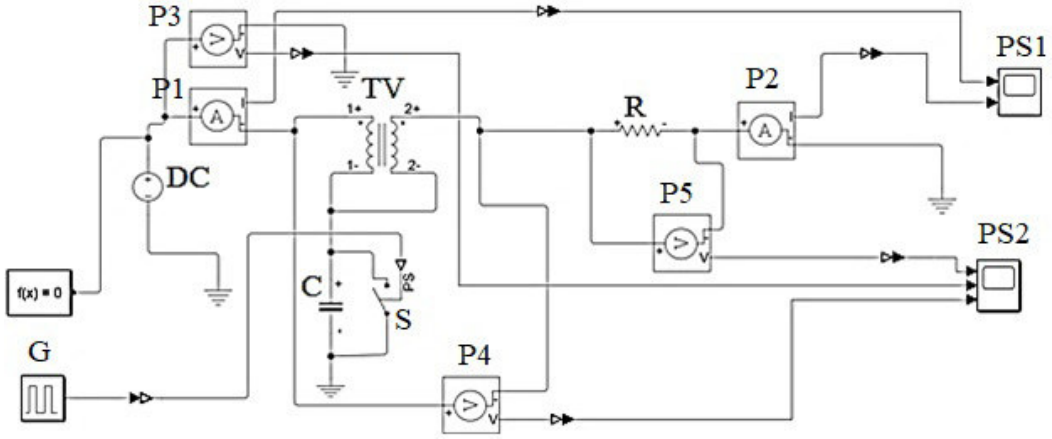
Рисунок 2.3 - Графическое изображение напряжения импульса во вторичной цепи

При использовании источника питания напряжением переменного тока 12 В амплитуда напряжения на нагрузке составила 16000 В (рис. 2.3). От этого напряжения зависит возможность возникновения разряда на рабочем разрядном промежутке и какой

зазор можно выставить на нем. Так же важным критерием пробоя разрядного промежутка является скорость нарастания напряжения до максимального значения, что называется крутизной фронта [4]. В нашем случае она составила минимальное значение, стремящееся к нулю, что является наилучшим результатом.

Полученные данные позволяют сказать об эффективности использования данной схемы с источником напряжения переменного тока. Обеспечивается стабильность величины и длительности импульсов, которая требуется для нормальной работы установки.

Второй опыт был проведен с использованием в качестве источника питания источника напряжения постоянного тока 12 В (Рис. 3). Генератор импульсов работает в режиме, позволяющем обеспечивать нормально закрытый контакт. Частота выходных импульсов 1 Гц.



DC – источник напряжения постоянного тока, *TV* – взаимный индуктор, *R* – нагрузочное сопротивление, *C* – конденсатор, *S* – управляемый размыкатель, *G* – генератор импульсов, *P1 - P2* – амперметры, *P3 - P5* – вольтметры, *PS1 - PS2* – осциллографы.

Рисунок 3 - Принципиальная усовершенствованная схема установки электрогидравлического удара с источником напряжения постоянного тока амплитудой 12В

Амплитуда напряжения на нагрузке при использовании в качестве источника питания источника напряжения постоянного тока 12 В составила 14000 В (рис. 3.1). Время нарастания напряжения с нуля до максимального значения, как и при использовании источника переменного напряжения, стремится к нулю.

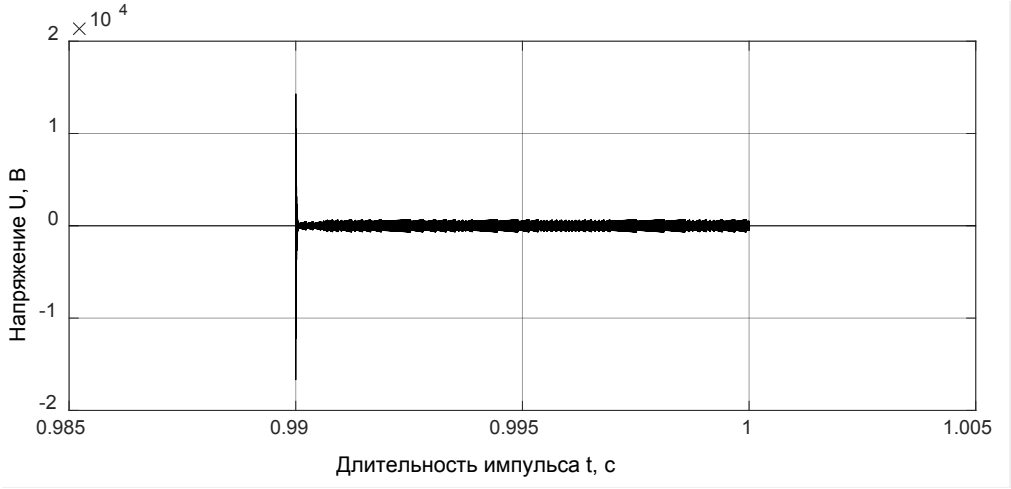


Рисунок 3.1 - Графическое изображение напряжения импульса на нагрузке

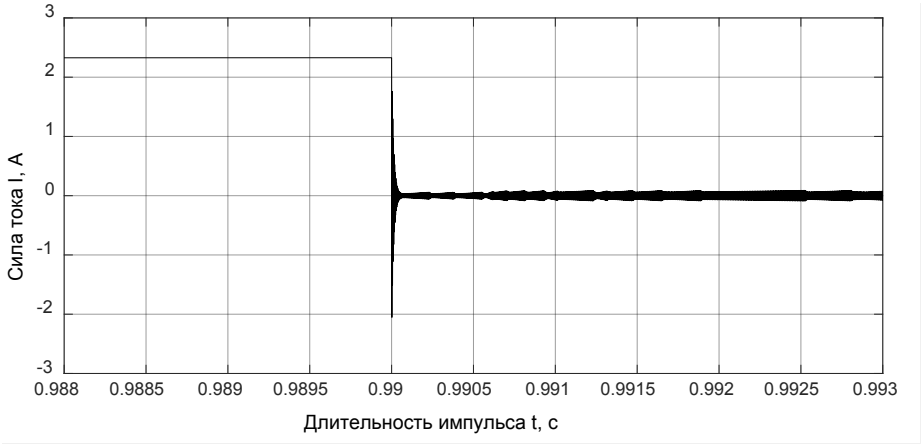


Рисунок 3.2 - Графическое изображение силы тока импульса в первичной цепи

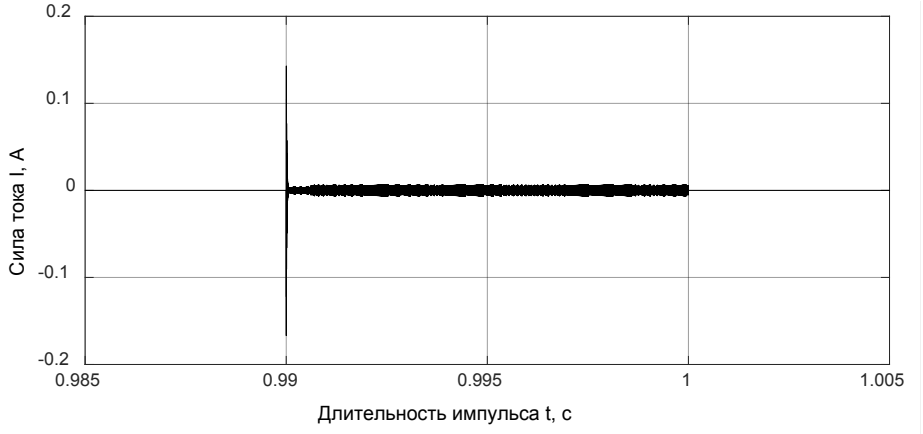
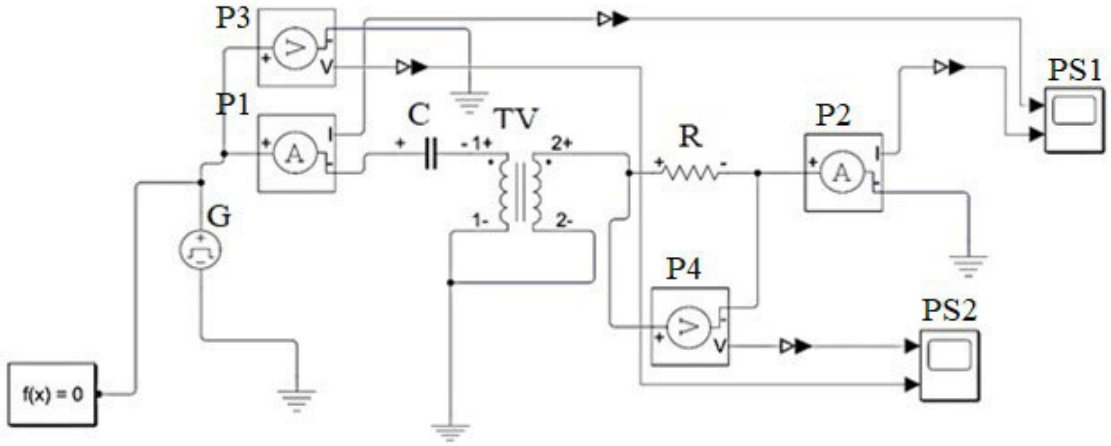


Рисунок 3.3 - Графическое изображение силы тока импульса во вторичной цепи

Полученные значения амплитуды силы тока составляют 2,4 А в первичной цепи и 0,14 А во вторичной. После получения результатов второго моделирования нельзя однозначно выделить достоинства и недостатки использования источников напряжения постоянного или переменного напряжения.

Третий опыт проводился при использовании в качестве источника питания генератора импульсов. Так же из первичной цепи схемы был исключен размыкатель, а конденсатор подключен последовательно источнику питания и первичной обмотке катушки зажигания.



G – генератор импульсов, *TV* – взаимный индуктор, *R* – нагрузочное сопротивление, *C* – конденсатор, *P1 - P2* – амперметры, *P3 – P4* – вольтметры, *PS1 - PS2* – осциллографы.

Рисунок 4 - Принципиальная усовершенствованная схема установки электрогидравлического удара с использованием генератора импульсов в качестве источника питания

В результате моделирования амплитуда силы тока в импульсе в первичной цепи составила 10 А (рис. 4.1), а во вторичной – 0,011 А (рис. 4.2).

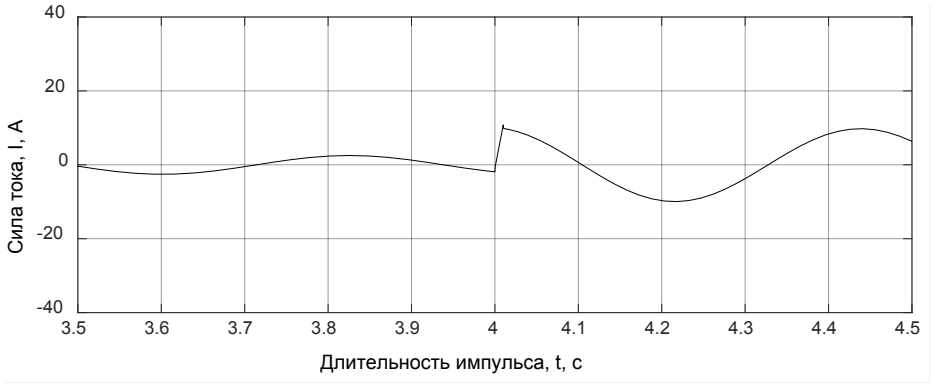


Рисунок 4.1 - Графическое изображение силы тока импульса в первичной цепи

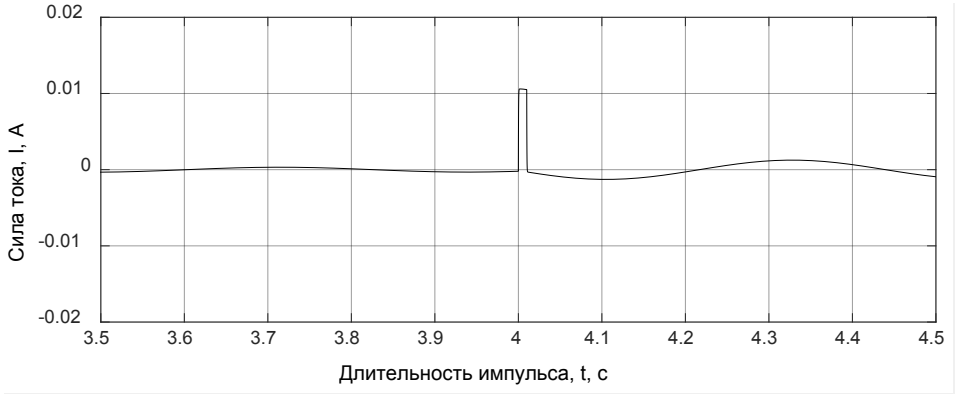


Рисунок 4.2 - Графическое изображение силы тока импульса во вторичной цепи

Значение амплитуды напряжения составило 33 В (рис. 4.3), что является недостаточным для возникновения разряда, но получение импульса во вторичной цепи является удовлетворительным результатом. Из-за отсутствия возможности вносить все параметры катушки в стандартный блок Simulink нельзя получить достоверные данные напряжения и токов [3].

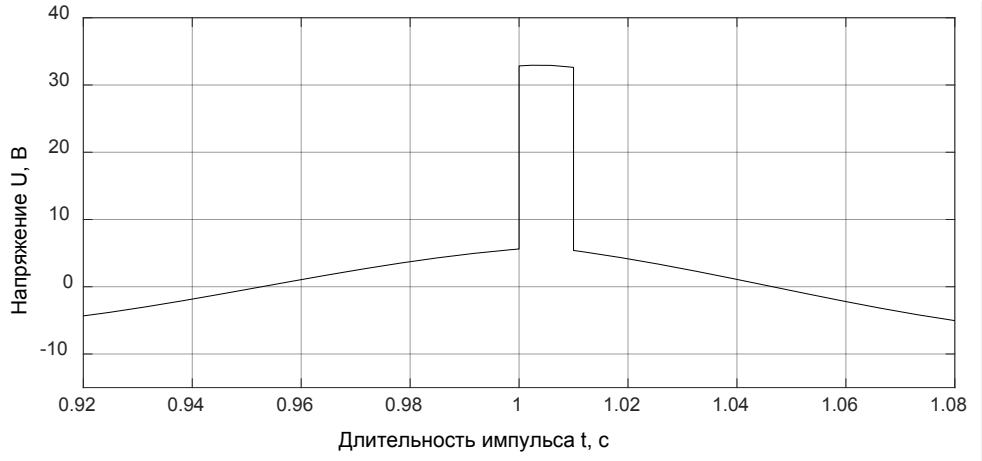


Рисунок 4.3 - Графическое изображение напряжения импульса на нагрузке

Вывод. По результатам проведенного моделирования, можно сделать вывод о возможности возникновения импульса напряжения во вторичной цепи с любым из предложенных источников питания. Невозможность получения точных данных с помощью стандартных блоков Simulink на данный момент не является критичной, так как выбор источника будет основываться на требованиях к технологическому процессу производства питательного раствора, а точные параметры напряжения и тока будут установлены во время

экспериментального исследования.

Наиболее интересной является схема с использованием генератора импульсов, несмотря на получение неудовлетворительного значения напряжения во вторичной цепи. С таким источником питания появляется возможность легко управлять режимами работы установки, а также происходит уменьшение количества переходных процессов из-за отсутствия размыкателя.

Необходимо определить при каком режиме обработки воды электрическими разрядами наблюдается наилучший эффект. Так же, будет осуществлен выбор катушки зажигания с подходящими параметрами коэффициента трансформации и значениями максимально допустимого длительного тока в первичной и вторичной обмотке.

Список использованной литературы:

1. Топорков В.Н., Белов А.А., Мусенко А.А. Разработка лабораторной установки для ЭГ-обработки водных растворов // Инновации в сельском хозяйстве. — 2019. — № 1(30). — С. 23—33.

2. Валеев М.Д., Ахметгалиев Р.З., Ахметгалиев А.Р., Грехов И.В., Тарасевич С.А., Богданов А.В. Экспериментальные исследования воздействия электрогидравлических ударов на водонефтяные эмульсии // Нефтегазовое дело. — 2020. Т. 18. — № 4. — С. 74—79.

3. Бровин А. В. Использование эффекта электрогидравлического удара в борьбе с подводным терроризмом // Морской сборник. — 2010. —№ 3 (1956). —. С 26—30.

4. Глотова И.А., Яровой М.Н., Шахов С.В., Балабаев В.С., Измайлов В.Н. получение хитина и хитозана с использованием электрогидравлических ударов // Международный студенческий научный вестник. — 2017. — № 4-8. — с. 1207—1209.

5. Мартынов Н.В., Добромиров В.Н., Барсуков В.О., Аврамов Д.В. Электрогидравлическая технология разрушения монолитных объектов // Горная промышленность. — 2021. — № 2. — с. 132—136.

6. Сагимбаева Ш.Ж., Тарковский В.В., Шункеев К.Ш., Мясникова Л.Н. Электрогидравлический метод обогащения диатомического сырья // Вестник гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 6. Техника. — 2020. т. 10. — № 2. — с. 20—31.

7. Чеснокова Е.В., Сауткина Т.Н., Рогаткин А.Ю. Применение метода анализа размерностей для определения давления при электрогидравлическом разряде в жидкости. Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. — 2019. Т. 1. — № 1 (44). — с. 79—82.

8. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект. — М.-Л.: Машгиз, 1955. — 51 с.

9. Колосовская Н.А. Расчет характеристик и кпд электрогидравлического удара on the problem of calculation of characteristics and efficiency factor of electro-hydraulic impact. // Известия петербургского университета путей сообщения. — 2007. — № 3 (12). — с. 57—69.

10. Браммер Ю. А., Пащук И. Н. Импульсная техника. —: Высшая школа, Москва, 1965. — 281 с.

11. [Электронный ресурс]. — URL: https://www.mathworks.com/help/?s_tid=gn_supp

12. Jones H.M., Kunhardt E.E. The influence of pressure and conductivity on the pulsed breakdown of water // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. — 1994, — vol. 1, — pp. 1016—1025.

13. Locke B.R., Sato M., Sunka P., Hoffmann M.R., Chang J.-S. Electrohydraulic discharge and nonthermal plasma for water treatment, Industrial and engineering chemistry research:

American Chemical Society. — 2006. — vol. 45. — No 3. — pp. 882—905.

14. Mackersie J.W., Timoshkin I.V., Mac.Gregor S.J. Generation of high-power ultrasound by spark discharges in water // IEEE Transactions on Plasma Science. — 2005. — vol. 33. — pp. 1715—1724.

15. Akiyama H. Streamer discharges in liquids and their applications // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. — 2000. — vol. 7. — No. 5 — pp. 646—653.

Дерен Федор Денисович, студент, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», +79997998924, 109428, г. Москва, 1-1 Институтский проезд, д. 5, e-mail: deren-fedja@rambler.ru

Пепин Василий Михайлович, студент, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 109428, г. Москва, 1-1 Институтский проезд, д. 5, e-mail: vasya.pepin@mail.ru

Васильев Алексей Николаевич, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник лаборатории электрофизического воздействия на сельскохозяйственные материалы, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 109428, г. Москва, 1-1 Институтский проезд, д. 5, e-mail: vasilev-viesh@inbox.ru

SIMULATION OF TRANSIENT PROCESSES IN HIGH-VOLTAGE PULSES FORMATION CIRCUITS

Deren F. D., Pepin V. M., Vasiliev A. N.
FGBNU FNATS VIM, Moscow

Abstract: The article considers the solution to the problem of the presence of high-voltage pulses forming discharge gaps in the circuits. Such circuits are used as the basis of electrohydraulic shock installations, which are used for the preparation of nutrient solutions, wastewater treatment, rock destruction, etc. The presence of forming discharge gaps creates a danger of operation of the installation, which imposes restrictions on the use of this technology. The aim of the work is to study the possibility of pulse formation without the use of forming discharge gaps. As a result of the work, the simulation of circuits without forming discharge gaps using various power sources has been carried out and conclusions have been drawn about the advantages and disadvantages of using certain power sources in the circuit, as well as plans for further research at the experimental facility were reported.

Keywords: Digital simulation, pulse shaping, electro-hydraulic shock, nutrient solution.

Deren Fedor Denisovich, student, Russia, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, +79997998924, 109428, Moscow, 1-1 Institutskiy proezd, 5, e-mail: deren-fedja@rambler.ru

Pepin Vasily Mikhailovich, student, Russia, Moscow, FGBNU "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", 109428, Moscow, 1-1 Institutskiy proezd, 5, e-mail: vasya.pepin@mail.ru

Vasiliev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher of the Laboratory of Electrophysical Effects on Agricultural Materials, Russia, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 109428, Moscow, 1-1 Institutskiy proezd, 5, e -mail: vasilev-viesh@inbox.ru

УДК 662.99

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОХИМИЧЕКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Хлипунов Д.С. Андреев С.А.

ФГБОУ ВО «РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева»

Аннотация: *Рассмотрена структура и объемы энергопотребления сельскохозяйственными предприятиями РФ. Проанализирована фактическое потребление энергоресурсов в АПК. Рассмотрена структура потребления энерго- и электроэнергии на нужды предприятий. Приведены сравнительные показатели энергетической эффективности сельскохозяйственного производства в РФ и странах Европы. Обоснована актуальность снижения энергоемкости технологических процессов. АПК. Рассмотрен механизм и стадии биохимической переработки органических отходов. Определен характер изменения кислотности сбраживаемой массы в зависимости от температуры. Выявлены температурные режимы основных этапов разложения сырья. Доказана целесообразность ограничения температуры процесса посредством утилизации части выделяющейся тепловой энергии. Предложена конструкция энергоэффективного теплоутилизатора с теплообменной поверхностью в слое сырья и оснащенного устройством автоматического управления его температурой и влажностью.*

Целью работы *является анализ механизма биохимических реакций, сопровождающих сбраживание органических материалов, обоснование целесообразности использования выделяющейся тепловой энергии и разработка устройства для его эффективной реализации. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:*

– *проанализировать структуру и объем энергопотребления в сельском хозяйстве;*
– *рассмотреть современные технологии переработки сельскохозяйственных отходов для получения тепловой энергии;*
– *проанализировать механизм и стадии соответствующих биохимических реакций;*
– *разработать энергоэффективное устройств для переработки органических отходов в производственных условиях.*

Ключевые слова: *Энергоснабжение, возобновляемые источники энергии, технологии утилизации органических отходов, биогаз, анаэробное сбраживание.*

Введение. Стратегию развития энергетической базы села составляют перспективные направления и целевые показатели развития систем и средств энергообеспечения, снижение энергоемкости сельхозпроизводства и ее доли в себестоимость продукции [2]. К сожалению, показатели энергоемкости сельскохозяйственных производственных процессов в нашей стране остаются в 2…3 раза выше уровня европейских стран. Кроме того, в последние десятилетия наблюдается рост энергозатрат при производстве яиц, животноводческой продукции с учетом кормопроизводства на 10-15% [3].

Анализ результатов энергетических обследований показал, что энергоносителями в сельскохозяйственном производстве являются [9]: электрическая энергия, тепловая энергия,

твердое и жидкое топливо, моторное топливо и природный газ.

На рисунке 1 представлен график потребления энергоресурсов в процентном выражении (средние значения по обследованным хозяйствам).

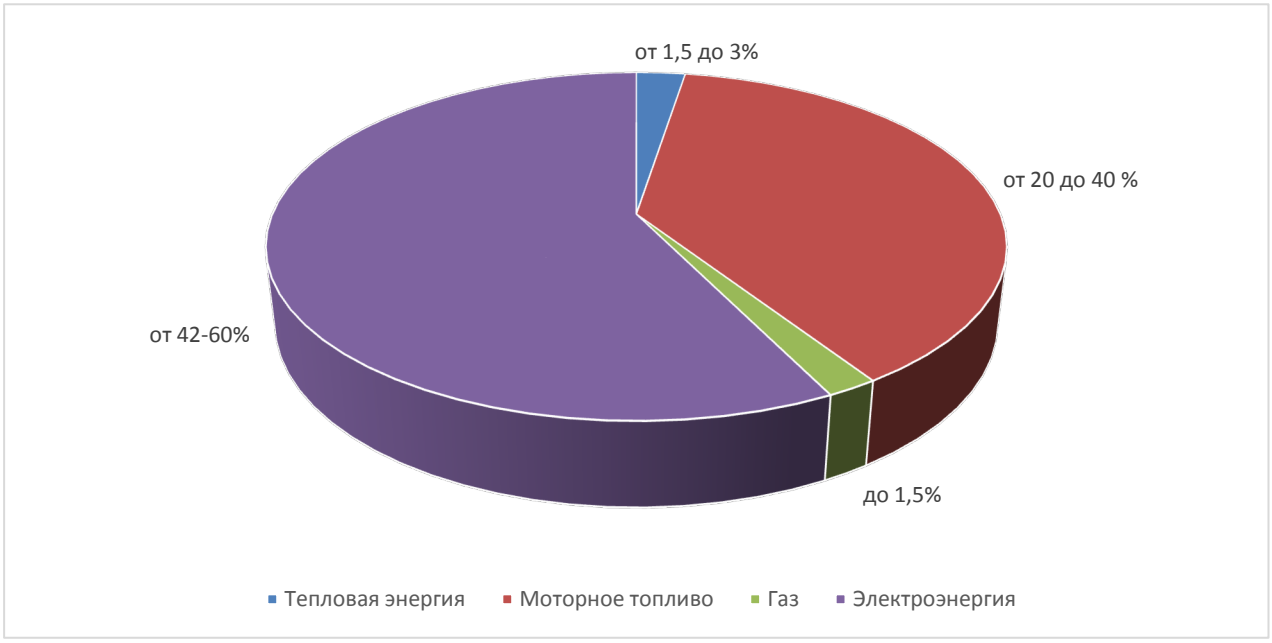


Рисунок 1 – Фактическое потребление энергоресурсов

Использование электроэнергии в сельскохозяйственном производстве происходит в следующих направлениях: освещение, электронагрев, электропривод машин и механизмов, электротехнология и системы управления. Затраты на последнее — минимальные.

Наибольший расход электроэнергии в хозяйствах приходится на электроосвещение (30–45 %) и обогрев, в т. ч. нагрев воды на технологические нужды. При этом в большинстве случаев используются неэкономичные системы освещения и водонагрева.

На рисунке 2 представлен расход электроэнергии по основным технологическим процессам



Рисунок 2. – Структура потребления энергии в АПК

Как видно из рисунка 3 наибольшее потребление электроэнергии происходит на

нужды освещения (41 %).

Снижая потребление электроэнергии на нужды освещения возможно снизить энергоемкость производства основной продукции и уменьшить доли платы за энергоресурсы в стоимости произведенной продукции.

Причинами низкой эффективности использования энергоресурсов в сельской местности являются [4]:

- невысокие технический уровень и КПД систем энергообеспечения;
- незавершенность комплексной электромеханизации производственных процессов (в животноводстве уровень комплексной электромеханизации в среднем составляет 60%);
- отставание с внедрением новых прогрессивных технологий в отрасли, новых систем электроснабжения и энергетического оборудования;
- отставание в реализации децентрализованных систем и средств энергообеспечения, в первую очередь, на базе местных и возобновляемых энергоресурсов, отходов сельхозпроизводства, в использовании тепловых насосов

Эффективность энергообеспечения сельских потребителей, затраты на энергоресурсы, а, следовательно, и энергоемкость сельхозпродукции, во многом определяются принятой системой энергоснабжения, используемыми энергоносителями, энергоэкономным оборудованием и энергопотерями. Поэтому обоснование и выбор рациональной системы энергоснабжения конкретных объектов (или ее модернизация), адаптированной к местным условиям и наличию энергоресурсов [5], является важнейшей задачей [6].

В настоящее время разрабатываются системы и средства автономного энергообеспечения с использованием газа, местных и возобновляемых энергоресурсов. Эффективное использование местных энергоресурсов в энергетике села – биомассы, древесных и растительных отходов, торфа, растительных масел, навоза, стоков и др. во многих регионах может покрыть значительную часть (до 30%) энергобаланса ряда хозяйств, сократить наполовину число отключений электропитания, снизить зависимость от централизованного энергоснабжения, создавать децентрализованные системы, вплоть до самоэнергообеспечения [7].

Известно, что многие технологические процессы АПК сопровождаются образованием некоторых объемов материальных или энергетических субстанций, которые могут быть использованы в хозяйственных целях. Например, при ведении животноводства образуется навоз, при анаэробном сбраживании органических отходов – биогаз, при компостировании растительных материалов и силосообразовании – тепловая энергия.

Так существуют следующие технологии трансформации биомассы:

– анаэробное сбраживание биомассы (растительных отходов или навоза) для производства газа, который затем может быть использован для генерации электричества и тепла;

– преобразование отходов в тепловую энергию посредством сжигания (топливо для таких установок может состоять из различных материалов, включая отходы дерева, биомассу или твердые бытовые отходы);

– гшидротермическая обработка, представляющая собой процесс, при котором отходы подвергаются воздействию высокой температуры и давлению в присутствии воды. (это приводит к превращению отходов в биотопливо, которое можно использовать для производства энергии).

– пиролиз, (процесс перегрева органического материала в отсутствие кислорода для производства твердых углеродных объектов, которые могут быть использован в качестве

топлива).

В контексте АПК использование одной из названных технологий может быть применено для утилизации различных отходов, таких как навоз, солома, остатки сельскохозяйственных растений и т.д., и производства энергии на предприятии.

Материалы и методы. В работе применялся литературный обзор, методы инженерной деятельности. Устройства разрабатывалась на основе структурной схемы, приведённой в [8].

Результаты и обсуждение.

Силосование зеленой массы сопровождается выделением тепловой энергии. В то же время, при превышении температуры 50…55°С происходит явное замедление процесса или полная его остановка, которую можно наблюдать на рисунке 3.

В начале процесса отходы находятся при температуре окружающей среды при слабокислом pH.. В начальной мезофильной стадии микроорганизмы, присутствующие в отходах, начинают быстро размножаться. При этом температура поднимается до 40°С, и среда подкисляется за счет образования органических кислот. При температуре выше 40°С начинают гибнуть исходные мезофилы и преобладать термофилы. Это приводит к повышению температуры до 60°С, при которой грибы начинают становиться неактивными. После 60°С в основном работают спорообразующие бактерии и актиномицеты. Происходит повышение pH, определяющее щелочной характер среды за счет выделения аммиака при распаде белков. В течение термофильной фазы наиболее легкоразлагаемые субстраты (сахара, крахмал, жиры, белки) быстро потребляются, и скорость реакции начинает падать. При этом скорость тепловыделения становится равной скорости теплопотери, это соответствует достижению температурного максимума. Затем органическое вещество вступает в стадию остывания. В некоторых случаях, особенно часто при компостировании старых отходов, имеет место несколько температурных максимумов [1,7].

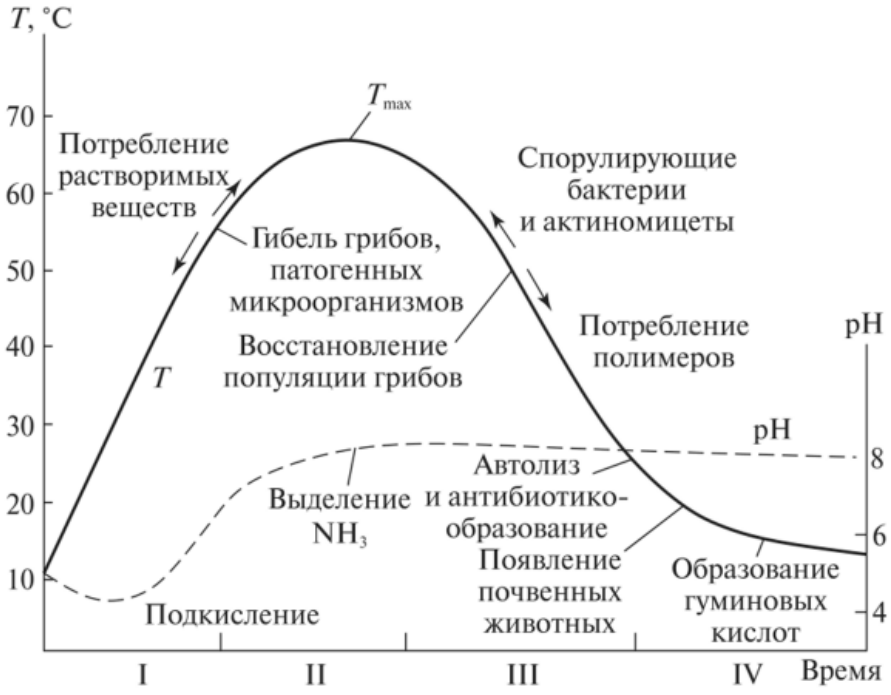


Рисунок 3 – График силосования зеленной массы

Вместе с тем, утилизация выделяющихся материальных или энергетических

субстанций должна происходить с определенными ограничениями. Несоблюдение этого условия может привести к снижению производительности основного процесса и недополучении экономического эффекта. Поэтому разработке утилизирующего оборудования должно предшествовать тщательное изучение физической сущности используемых явлений и определение границы областей параметров оптимизации.

На рисунке 4 показана модель теплоутилизатора [8]

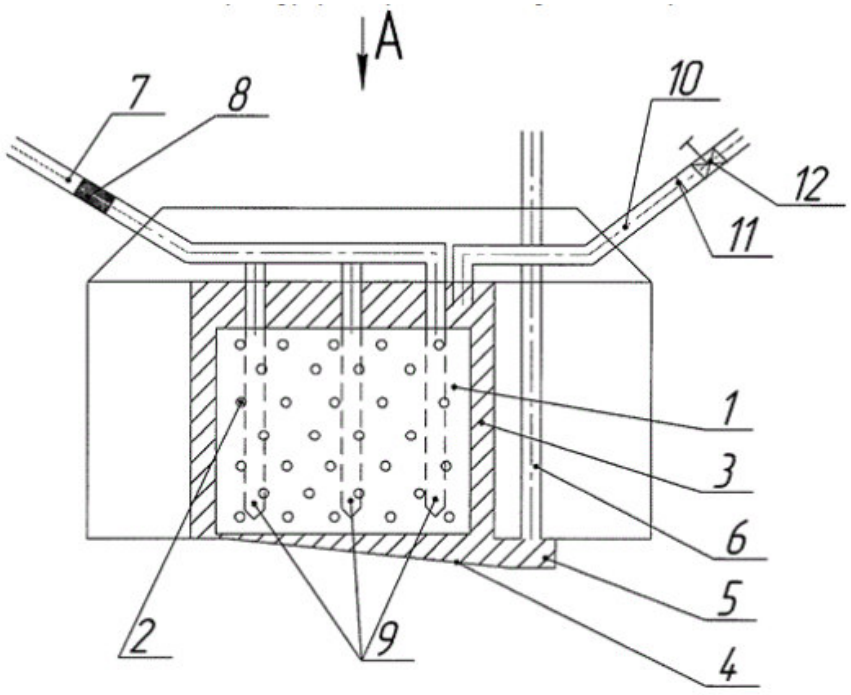


Рисунок 4. – Модель теплоутилизатора

Конструктивно теплоутилизатор состоит из контейнера 1, выполненного из металлических листов с отверстиями 2. Контейнер 1 помещен в бетонированный приямок 3 с лотком 4, сокосборником 5 и вертикальным стояком 6, системы нагнетания 7. Эта система выполнена из цельной трубы со встроенным насосом 8 и перфорированных труб 9 для подачи воздуха к растительному сырью. Система воздухоотведения состоит из трубы 10 со встроенным фильтром 11 и вентилем 12 для удаления нагретого воздуха.

Контейнер 1 заполняют растительным материалом повышенной влажности (силосом, сенажом, опилками, отходами кормов и пр.), который при хранении самосогревается под действием микробиологических процессов. Через определенное время с помощью встроенного насоса 8 системы нагнетания 7 подают воздух через перфорированные трубы 9 в нижнюю часть контейнера 1. Теплый воздух выдавливается из растительного сырья и удаляется через отверстия 2 в стенках контейнера с помощью открытого вентиля 12 по системе воздухоотведения со встроенным фильтром 11. По наклонному лотку жидкая фракция, поступающая из контейнера через отверстия 2, стекает в сокосборник, откуда периодически откачивается через вертикальный стояк. После удаления теплого воздуха из растительного сырья вентиль 12 системы воздухоотведения закрывают. По мере необходимости процесс повторяется.

Для повышения энергетической эффективности теплоутилизатора в рассматриваемой теплоутилизаторе целесообразно установить устройства для автоматического управления влажностью и температурой сырья. В этом случае вместо воздуха по трубам следует пропускать воду. Для интенсификации теплообмена трубы должны быть расположены

горизонтальными рядами в несколько слоев. Используя, эти решения можно существенно увеличить количество преобразованной теплоты.

Выводы. Обзор литературы выявил актуальность разработки устройств для утилизации сельскохозяйственных отходов за счет преобразования выделяющейся при их разложении тепловой энергии в полезную форму. Кроме того, утилизация части тепловой энергии позволяет снизить температуру в зоне ферментации и предотвратить снижение скорости или остановку процесса. Повышение энергетической эффективности теплоутилизатора может быть достигнуто размещением теплообменной поверхности в слое перерабатываемого сырья и дополнением устройством для автоматического управления температурой и влажностью.

Список использованных источников:

1. Кузнецов Л.Е. Прикладная экобиотехнология: в 2 т. Т. 1: учеб, пособие /М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. - 629 с (дата обращения: 09.05.2022).
2. Тихомиров А.В. Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2030 г.//Федеральное агентство научных учреждений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства". - Москва : [б. и.], 2015. - 75 с. (дата обращения: 09.05.2022).
3. Тихомиров А.В. Концептуальные положения и перспективные направления развития энергетической базы и систем энергообеспечения сельского хозяйства России. Минск: БГАТУ, 2015. 101 с. (дата обращения: 09.05.2022).
4. Тихомиров А.В. Концепция развития систем энергообеспечения и повышения энергоэффективности использования ТЭР в сельском хозяйстве // Вестник ВИЭСХ. 2016. №1(22). С. 11-18. (дата обращения: 09.05.2022).
5. Тихомиров Д.А., Тихомиров А.В. Выбор системы теплообеспечения объектов животноводства // Агротехника и энергообеспечение. 2017. №1. С. 43-49. (дата обращения: 09.05.2022).
6. Тихомиров Д.А. Рациональный выбор систем и технических средств теплообеспечения технологических процессов в животноводстве // Вестник ВНИИМЖ. 2017. №3(27). С. 73-79.конф. Минск: БГАТУ, 2015. С. 101. (дата обращения: 09.05.2022).
7. Форстер К. Ф.,Дж Вейз Д. А.; Пер. с англ. В. А. Дымшица; Под ред. А. И. Гинака. - Ленинград : Химия : Ленингр. отд-ние, 1990. - 382 (дата обращения: 09.05.2022).
8. Патент № 99864 Российская Федерация, МПК F28F 13/00 (2006.01) A01F 25/22 (2006.01). ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНАЯ УСТАНОВКА С ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОМ / Панова Татьяна Васильевна (RU), Лумисте Елена Геннадьевна (RU), Панов Максим Владимирович (RU)// Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". – Заявка 2010129393, заявлено 15.07.2010, опубл. 27.11.2010. (дата обращения: 09.05.2022).
9. Эрк А. Ф., Судаченко В. Н., РазмукВ.А., Бычкова О. В. Результаты энергетического обследования сельхозпредприятий // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства / ИАЭП. — С-Пб, 2014. — № 85. — С.100–105.

Хлипунов Дмитрий Сергеевич, магистр направления «Электроэнергетика и электротехника» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,
E-mail: dkhlipunov@mail.ru
Андреев Сергей Андреевич, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация,
E-mail: energo-andreev@rgau-msha.ru

RATIONALE FOR THE POSSIBILITY OF USING BIOCHEMICAL PROCESSING OF ORGANIC WASTE TO PRODUCE THERMAL ENERGY

Khlipunov D.S. Andreev S.A.

Abstract: The structure and volume of energy consumption by agricultural enterprises of the Russian Federation is considered. The actual consumption of energy resources in the agroindustrial complex has been analyzed. The structure of energy and electricity consumption for the needs of enterprises is considered. The comparative indicators of energy efficiency of agricultural production in Russia and European countries are given. The urgency of reducing the energy intensity of technological processes is substantiated. The mechanism and stages of biochemical processing of organic wastes are considered. The character of changes in the acidity of digested mass depending on the temperature is defined. The temperature regimes for the main stages of the decomposition of raw materials are identified. The expediency of limiting the temperature of the process by means of utilization of part of the released heat energy is proved. The design of an energy-efficient heat-recovery unit with a heat-exchange surface in a layer of raw materials and equipped with a device for automatic control of its temperature and humidity has been proposed.

Key words: energy supply, renewable energy sources, organic waste utilization technologies, biogas, anaerobic digestion.

Khlipunov Dmitry Sergeevich, master's degree in "Electrical Power Engineering and Electrical Engineering" at K.A. Timiryazev Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education of the Russian Academy of Agricultural Sciences,
E-mail: dkhlipunov@mail.ru
Andreyev Sergey Andreevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education of the Russian Academy of Agricultural Sciences named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation,
E-mail: energo-andreev@rgau-msha.ru

УДК: 621.762.27

СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА ДЛЯ ПОЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В. М. Пепин, Ф. Д. Дерен, А. Н. Васильев

ФГБУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация: *Статистические данные говорят о том, что значительный объём производства овощей приходится на приусадебные хозяйства населения. Для повышения урожайности и качества растений необходимо осуществлять полив. Вода должна соответствовать требованиям качества. Для обеспечения данных требований должны быть использованы методы подготовки воды: химический; физический; физико-химический, биологический. Наиболее перспективными являются физико-химические методы. В них входят такие способы как: УФ обработка; СВЧ, Озонирование; ЭГ-удар. Также для повышения урожайности применяются питательные растворы. По литературному анализу elibrary было проанализировано 29 статей по этой тематике. Основными организациями, проводящими исследования в данном направление, являются ФГБУ ФНАЦ ВИМ и Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. Ежегодно выпускается ряд статей по данной тематике, что говорит об актуальности данной темы.*

Ключевые слова: *питательный раствор, электрофизическое воздействие, электрогидроудар, СВЧ, ультрафиолет, озонирование, качество воды.*

Введение. В соответствии с Приказом Министерства здравоохранения РФ от 19.08.2016 № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания», были определены соответствующие нормы потребления по основным продовольственным группам (включая овощи) из расчета объемов потребления в год на одного человека. Годовая рациональная норма потребления картофеля на 1 человека в России составляет 90 кг, овощей и бахчевых культур – 140 кг. На рисунке 1 представлена динамика изменения объемов потребления овощей населением в целом по Российской Федерации за 2004-2018 гг. [1].

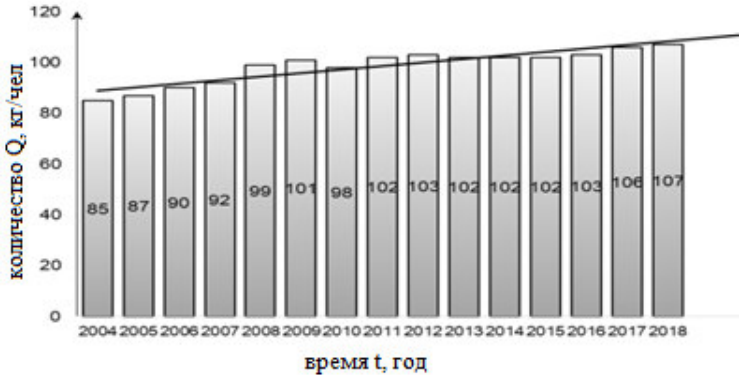


Рисунок 1 Динамика изменения объемов потребления овощей населением [1]

Общая площадь земель в России под огороды на 2022 год составляет 4930,4 мл га. [2]. Представлена тенденция роста площади занимаемых под овощеводство в таблице 1 [3].

Таблица 1 - Площадь, занимаемая под овощеводство по годам. [3]

Показатель	год			
	2005	2010	2015	2019
Посевная площадь овощей тыс. га	641	662	694	517
Валовый сбор овощей всех хозяйств млн.	11,3	12,1	16,1	14,1
Частная организация	2,1	2,1	2,9	4,0
Хозяйства населения	8,4	8,7	10,8	7,3
Фермерские хозяйства	0,8	1,4	2,4	2,8

Из таблицы 1 видно, что идёт развитие производства овощей частными организациями, при этом в последнее время происходит сокращение основных посевных площадей государства, что отрицательно сказывается на валовом сборе овощей.

Для повышения урожайности при выращивании овощных культур необходимо проводить полив. Основными источниками воды для орошения являются: поверхностные воды, подземные воды, водопровод, прошедшие очистку сточные воды, опресненные воды [4].

Норма полива составляет 20–30 литров воды на 1 кв. м огорода, частота зависит от погодных условий и состояния почвы [5]. Для осуществления полива, вода должна соответствовать нормативным требованиям, указанным в таблице 2. Основная проблема, что в воде из данных источников содержатся минералы, соли и бактерии. Для растений жесткость воды также вредна. При использовании её для полива на постоянной основе, то в грунте начинают накапливаться тяжелые соли, нарушается проводимость и усвоение питательных элементов [6].

Таблица 2 - Рекомендуемый состав поливной воды [7]

Показатель	огурец (грунт)	томат (грунт)	малообъемная культура
Водородный показатель (pH)	6 – 7	6 – 7	6 – 7
Общая щелочность мг-экв/л	менее 7	менее 7	менее 4
Кальций мг/л	менее 350	менее 350	менее 100
Натрий мг/л	100	150	30 - 60
Хлориды мг/л	100	150	50
Сульфаты (в пересчете на серу) мг/л	60	100	60

В многих регионах существует проблема нехватки воды для полива, которая актуальна не только в России. Например, Китай не может удовлетворить спрос на сельскохозяйственное орошение, поскольку сокращение водных ресурсов составляет 1 млрд

$м^3$ / год [8]. Также В Египте сталкиваются с проблемой качества воды там доминирующим типом воды является бикарбонат натрия, за которым следуют сульфат натрия и хлорид натрия, что приводит к засолению почв этого региона [9].

Засоление является наиболее распространенной проблемой. Каждый год из-за засоления в районе Танджи теряется около 10 миллионов гектаров земли [10].

Это напрямую сказывается на урожайности, так как происходит ухудшение почвы и появляется вероятность болезни растений. В этом направлении проводил исследование Дармонов Е.Д. Он вывел, что в поливных условиях содержание солей в поливных водах в количестве 1–1,5 г/л служит дополнительным источником аккумуляции солей в почвах. При этом нарушается солевое равновесие и качество [11].

На основании данных таблиц 2 и 3 можно сделать вывод, что рекомендуемые элементы в воде для полива отличается от фактических ее значений, что негативно влияет на урожайность, поэтому одним из путей повышения урожайности может стать предварительная обработка воды.

Для повышения урожайности применяются питательные растворы, чтобы исключить нехватку необходимых компонентов для развития растений. Питательные элементы растения получают посредством автоматизированных систем, подающих питательный раствор (воду с растворенными в ней минеральными компонентами) непосредственно к корневой системе [12]. В кислых почвах группа микроорганизмов развита очень слабо, что и является одной из основных причин низких урожаев сельскохозяйственных культур [13]. Поэтому при использовании питательных растворов показатель pH является ключевым в питании растений. Большинство питательных элементов доступно для растений только в диапазоне от 5,5 до 6,3 pH. Соблюдение этого диапазона обеспечивает наибольшую доступность всех необходимых питательных веществ для растений [14]. Основные микроэлементы долгое время могли присутствовать в составе питательных смесей только в виде сульфатов [15]. Ситуация изменилась, когда в составе питательных смесей появились хелаты. Особенностью хелатов является их способность удерживать в своем составе катионы микроэлементов, не давая им вступать в реакции с другими солями и «выпускать» их в раствор тогда, когда их концентрация в нем снижается [16].

Таблица 3 - Средний химический состав поливных вод, г/л. [11]

	Дерново-подзолистые	Серые лесные	Черноземные	Каштановые	Сероземные
Кальций мг/л	750	650	500	450	350
Натрий мг/л	400	350	300	200	250
Хлор мг/л	500	400	350	300	250
Калий мг/л	150	125	100	75	75

Для растений азот, калий, фосфор, сера, кальций, магний являются основными минералами. Последовательность приготовления питательного раствора: в первую очередь растворяют удобрения, не содержащие в своем составе ионы кальция и фосфора; во вторую – растворяют удобрения, которые их содержат. Растворение удобрений ведут при температуре воды 20-30°С [17].

Для того чтобы повысить урожайность и снизить негативные воздействия, такие как засоление и ухудшение микрофлоры при использовании воды для полива, требуется предварительно обрабатывать воду, так как качество воды влияет на щелочность почвы, что напрямую влияет на количество урожая.

Цель исследования - проанализировать существующие методы подготовки воды для полива.

Материалы и методы: Для анализа актуальности темы использовалась электронная библиотека elibrary, по этой тематике было опубликовано 29 статей, работали 79 авторов. Список организаций, проводящих исследования представлен в таблице 4, авторы публиковавшие статьи представлены в таблице 5, публикация статей по данной тематике по годам в таблице 6.

Таблица 4 - Организации, публикующие статьи по этой тематике [18]

№	Название организации	Количество статей
1	Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации	10
2	Федерально научный агроинженерный центр ВИМ	10
3	Федеральный научный центр овощеводства	4
4	Кубанский государственный аграрный институт	2
5	Актюбинский университет им. Баишева	1
6	Брестский государственный технический университет	1
7	Воронежский государственный технический университет	1

Таблица 5 - Авторы, проводящие исследования в данном направлении [18]

№	Авторы	Количество статей
1	А. А. Белов	2
2	А.Ф. Гусейнов	2
3	А. А. Мусенко	2
4	В.А. Фартуков	2
5	Ю.М. Аверина	2
6	В.И. Барабаш	1
7	Т.Н. Боровикова	1
8	О.А. Болдырева	1
9	А.Н. Васильев	1
10	О.В. Горелик	1

Таблица 6 - Количество публикаций по годам [18]

№	Год	Количество статей
1	2022	2
2	2021	3
3	2020	1
4	2019	2
5	2018	3
6	2017	3
7	2016	5
8	2015	2
9	2014	1
10	2011	1

На основании данных, можно сказать, что тема является актуальной, по ней постоянно ведутся исследования и выпускаются публикации.

Результаты и обсуждение:

Основные существующие методы обработки воды представлены в таблице 7.

Таблица 7 Существующие методы обработки воды [19]

Способ очистки вод	Процессы, используемые в методе	Недостатки	Достоинства
Физический	Отстаивание, фильтрация воды, процеживание воды и др.	Низкий уровень очистки	Низкая себестоимость
Химический	Нейтрализация, окисление, восстановление	Использование химических реактивов	Высокая эффективность при больших объемах воды
Физико-химический	Коагуляция, обратный осмос, ЭГ-удар и др.	Высокая себестоимость	Высокая производительность
Биологические	Биофильтры, биологические пруды	Необходимость в больших земельных участках	Отсутствие химии

Наиболее эффективным методом для обработки воды на участках является физико-химический способ, так как установки имеют малые габариты и высокую производительность в сравнении с другими способами. Основной способ физического-химического метода, это электрофизическое воздействие. Благодаря его применению происходит обеззараживание воды, а также вода может наделяться минералами, которые полезны для растений. Например, введение в схему водоподготовки устройств, создающие в обрабатываемой жидкости высокочастотные ультразвуковые колебания, позволяет диспергировать микробиологические включения в среде и перевести ее в инактивную фазу, усиливает эффект УФ излучения, это особенно актуально для систем, использующих воду с поверхностных источников. В УФ установках применяют излучение с длиной волны 254 нм. Для питьевой воды при пропускании излучения (λ = 254 нм), равном 85% на 1 см, обеспечивается бактерицидная доза не менее 16 мДж/см^2. Для сточных вод при пропускании излучения (254 нм), равном 70% на 1 см, обеспечивается бактерицидная доза не менее 30 мДж/см^2. Схема установки представлена на рисунке 2 [20].

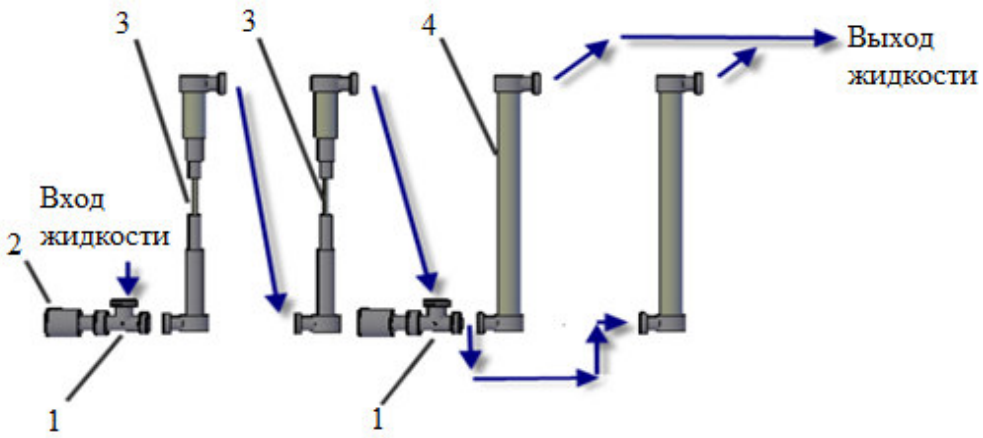


Рисунок 2 - Схема УФ установки [20]

Основными недостатками являются:

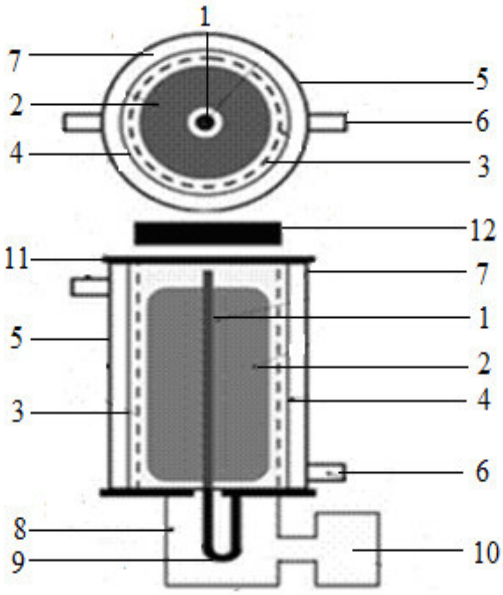
- Воздействие ультрафиолетового излучения кратковременно и не имеет продолжительного действия, за счет чего вода при выходе из ультрафиолетовой установки

более не обеззараживается.;

- Если процент железа в воде превышает определенный показатель, то эффективность УФ лучей снижается, поэтому необходимо дополнительное обезжелезивание;

-. Наличие в воде крупных примесей снижает эффективность бактерицидной обработки. Взвеси создают непроницаемую оболочку, через которую не могут проникнуть бактерицидные лучи. Поэтому (УФ) обеззараживание сточной воды ультрафиолетом можно выполнять после тщательно физической многоступенчатой фильтрации

Также существуют установки использующие СВЧ эффект. СВЧ-энергия – это эффективный источник тепла, который в большинстве применений обладает несомненными преимуществами перед традиционными источниками воздействия на обрабатываемые среды. Он не вносит каких-либо загрязнений при нагреве, отличается гибкостью в применении. Сочетание СВЧ-нагрева с другими факторами воздействия дает возможность разрабатывать новые методы и технологическое оборудование для выполнения различных задач. Так, например, при комбинированном воздействии СВЧ-излучения и перекиси водорода на питательную среду в условиях потока стерилизация достигается при 41–42 °С. Обеззараживание воды осуществляется в следующей последовательности: предварительно дехлорированная водопроводная вода заражалась спорообразующей формой микроорганизмов и подвергалась комбинированному воздействию СВЧ-энергии [21].



1-Внутренний электрод; 2- безэлектродная УФ-лампа 3-внешний электрод коаксиальный; 4- кварцевая трубка; 5- емкость ; 6-патрубки для прокачки воды; 7 — объём занятой водой; 8- отрезок прямоугольного волновода; 9- петля связи; 10- СВЧ-генератор; 11- торцевые фланцы; 12- вентилятор.

Рисунок 3 - Схема СВЧ установки [22]

Основные недостатки:

-Высокая энергоемкость процесса и высокие капитальные затраты на оборудование.

-Высокая эффективность процесса обеззараживания питьевой воды может быть достигнута с использованием микроволновой обработки воды и последующей фильтрации воды с применением фильтров из нанопорошков оксидов металлов.

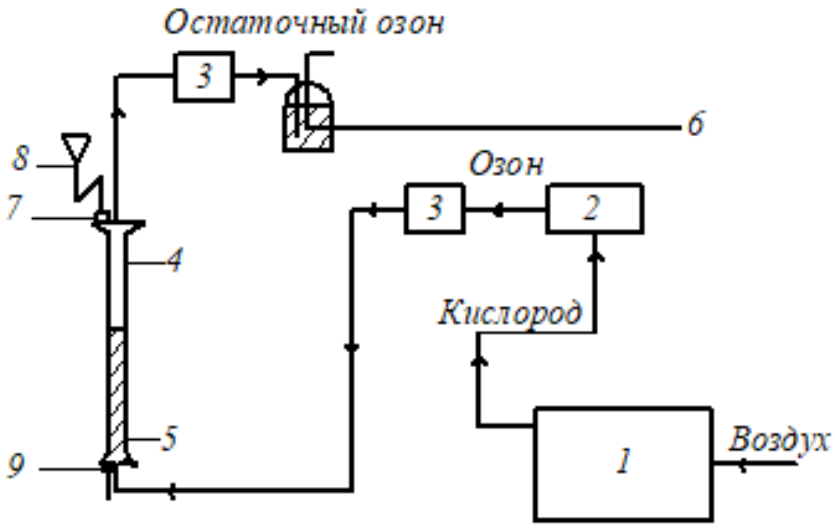
-СВЧ обработка наиболее эффективна в комбинированном сочетании с другими

методами обработки.

Также применяется обработка воды озонированием. Технологический процесс озонирования включает в себя последовательные стадии очистки воздуха:

- синтез озона;
- охлаждение и осушка озона;
- смешение озоновоздушной смеси с обрабатываемой водой;
-отвод и деструкция остаточной озоновоздушной смеси;
- вывода озоновоздушной смеси в атмосферу.

После растворения O_3 обеспечивается время контакта озона с водой для осуществления химических реакций окисления и удаления из воды избыточного количества воздуха и озона. Для этого применяется контактно-сепарационный аппарат, вода из которого направляется на угольный фильтр для доочистки от органики и деструкции озона [22].



1 – концентратор кислорода; 2 – озонатор; 3 – озономер ; 4 – контактная колонка, 5 – пористый диспергатор озоно-кислородной смеси; 6 – деструктор остаточного озона; 7 – кран для заливки пробы воды для озонирования; 8 – гидравлический затвор; 9 – сливной кран для отбора обработанной озоном пробы.

Рисунок 4 - Схема озонирующей установки [23]

Основные недостатки:

- недолговечность стерильности. При добавлении солей хлора вода защищена от биологических патогенов длительное время. После распада озона она остается стерильной лишь до попадания новых микроорганизмов. Через несколько часов может требоваться дополнительная очистка;

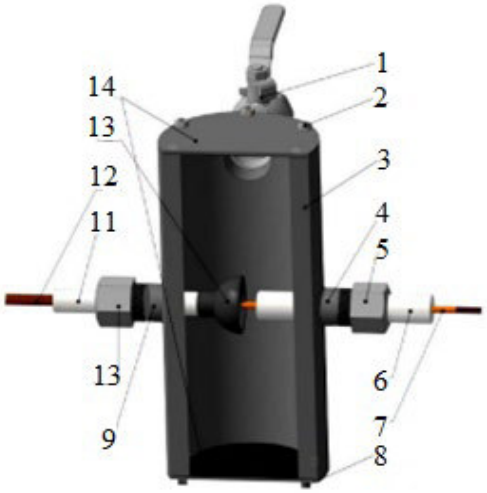
- бытовые озонаторы часто выходят из строя. Обнаружить их поломку или неправильную работу бывает непросто. По этой причине возможны интоксикации озоном в процессе обработки воды;

- качественные приборы для озонирование стоят дорого, позволить себе их могут не все.

В электрогидравлических технологиях реализуется принцип «электрогидравлического эффекта», когда электрическая энергия переходит в механическую, при появлении электрического разряда [24]. Во всех установках с ЭГ эффектом заложен один принцип, когда переменный ток движется на повышающий трансформатор для увеличения его в

несколько раз. Ток выпрямляется за счет диодов, и заряд идёт на конденсатор, тем самым происходит накопление энергии до необходимого значения. После этого происходит разряд на формирующем промежутке (воздухе) и переходит на разряд в ёмкости [25]. Электрогидроудар сопровождается громким хлопком и движением воды [26]. Для увеличения гидродинамического эффекта при импульсном разряде в жидкости, импульс должен иметь минимально возможную длительность, максимальную крутизну фронта и апериодическую форму [27]. Электрогидравлический эффект, наблюдаемый при обработке воды, способен обогащать её питательными веществами, необходимыми для роста и развития растений [28]. Есть данные, что ЭГ удар в воде сопровождается обеззараживающим эффектом [29]. Обработка искровыми разрядами приводила к снижению концентрации нитрат-ионов в водопроводной и атмосферной сточной воде. Наименьшей она была в атмосферной сточной воде после продолжительности обработки 5 мин., наибольшей – в водопроводной воде – 1 мин. Снижение концентрации нитрат-ионов привело к повышению содержания нитратов в обработанной воде, так как согласно применяемому методу измерения эти величины обратно пропорциональны.

Следует отметить, что содержание нитратов в контрольном образце водопроводной воды составляло 4,4 мг/л, в контрольном образце атмосферной сточной воды – 6,3 мг/л. [30].



1 – вентиль; 2 – крепление болтовое крышки верхней; 3 – корпус; 4 – втулка сборки положительного электрода; 5 – гайка-заглушка положительного электрода; 6 – изолятор положительного электрода; 7 – стержень-шпилька положительного электрода; 8 – крепление болтовое крышки нижней; 9 – втулка сборки отрицательного электрода; 10 – гайка-заглушка отрицательного электрода; 11 – изолятор отрицательного электрода; 12 – стержень-шпилька отрицательного электрода; 13 – наконечник полусферический; 14 – крышка.

Рисунок 5 - Схема электрогидроударной установки [30]

При обработке воды электрогидроударом повышается содержание нитратного-азота, что может положительно сказаться для повышения урожайности овощных культур.

Основные недостатки эдектрогидроудара:

- установка создаёт высоковольтные разряды, что требует надежной защиты при работе;

- низкая производительность;

- необходимость разработки эффективных режимов работы при различных свойствах материалов;

- необходим контроль параметров режима работы.

Выводы. Существуют проблемы с качеством воды при поливе. Питательные растворы способствуют повышению урожайности за счёт внесения полезных минералов, помогающих росту растений. Для осуществления подготовки воды для полива могут быть реализованы электрофизические методы воздействия. Эффективность методов воздействия зависит от свойств обрабатываемой жидкости и реализуемого режима работы установки. Перспективным способом электрофизической подготовки воды для полива в ЛПХ является применение ЭГ-удара.

Список использованных источников:

1. Бондарев, Н. С. Аналитическое исследование потребления овощей в регионах Российской Федерации / Н. С. Бондарев, Г. С. Бондарева, Е. Е. Хазиева // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 3(84). – С. 83-92. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2020.3.83. – EDN MNORHI.
2. [Интернет-ресурс]. URL https://у-меня-будет-земля.рф/sobstvennost/pahotnye-zemli.html дата запроса 06.04.2023
3. Комшанов, Д. С. Тенденции в развитии овощеводства России / Д. С. Комшанов, А. И. Павлова, И. Н. Павлов // Московский экономический журнал. – 2021. – № 10. – DOI 10.24411/2413-046X-2021-10638. – EDN MSDYWY.
4. Тищенко, А. И. Рациональное использование водных ресурсов Крыма для целей мелиорации / А. И. Тищенко, А. А. Кузьмичев, Т. С. Пономаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 1(29). – С. 188-207. – EDN YOTSMN.]
5. [Интернет-ресурс]. URL: https://www.rmnt.ru/story/garden/polivaem-ogorod-pravilno.501123/) дата запроса 06.04.2023
6. [Интернет-ресурс]. URL: http://rus-kolodez.ru/blog/64-kak-plokhaya-voda-vliyaet-na-rasteniya-i-derevya дата запроса 06.04.2023
7. [Интернет-ресурс]. URL: https://dpva.ru/Guide/GuideTechnologyDrawings/WaterSupplyWasteWater/WaterInRF/#13 дата запроса 06.04.2023
8. Dong, Ya. A perspective of Integrated water resources management in the Yellow River Basin / Ya. Dong // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2014. – No. 4(10). – P. 26-35. – EDN THSGQX.
9. S.Y. Ghoubachi. Impact of Lake Nasser on the groundwater of the Nubia sandstone aquifer system in Tushka area, south western desert, Egypt. J King Saud Univ – Sci (2010), 10.1016/j.jksus.2010.04.005
10. K.R. Suresh, and M.A. Nagesh. Experimental Studies on Effect of Water and Soil quality on Crop Yield. Aquatic Procedia, vol. 4, 2015. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.161
11. Дармонов, Е. Д. Влияние поливов минерализованными водами на агробиологические особенности и урожайность пшеницы / Е. Д. Дармонов, Г. Юлдашев, А. Т. Турдалиев // Научное обозрение. Биологические науки. – 2021. – № 4. – С. 23-27. – DOI 10.17513/srbs.1239. – EDN CWZZGB.]
12. Arteca R.N., Arteca J.M. A novel method for growing Arabidopsis thaliana plants hydroponically // Physiol. Plant, 108: 2000. – P. 188-193.
13. Осипов, А. И. Роль удобрений в плодородии почв и питании растений / А. И. Осипов // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2020.

– Т. 15, № 2. – С. 874-887. – EDN GCRYKZ.

14. Долгих, П. П. Растворный узел для управляемого выращивания растений в защищенном грунте / П. П. Долгих, С. В. Трепуз // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 5(128). – С. 40-44. – EDN ZDBAJV.

15. Schwarza D., Groscha R., Grossb W., Hoffmann-Hergartenc S. Water quality assessment of different reservoir types in relation to nutrient solution use in hydroponics // Agric. Water Manage, 71: 2005. – P. 145-166.

16. Resh H.M. Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food growing methods // 6th ed. Woodbridge Press Publishing Company. – 2001. – P. 210-499.

17. Способы глубокой очистки воды от хлоридов для приготовления растворов сравнения / А. Л. Быстрицкий, В. В. Бардин, Л. А. Аладжалов, В. В. Семенов // Теплоэнергетика. – 1991. – № 7. – С. 26-28. – EDN TBBKYG Мусенко, А. А. Моделирование электрогидравлической установки для обработки воды / А. А. Мусенко, Ю. А. Степанычев // Инновации в сельском хозяйстве. – 2019. – № 3(32). – С. 313-318. – EDN RMZWDM.

18. [Интернет-ресурс]. URL: eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА дата запроса 06.04.2023

19. Кузьмичев, А. В. Модульная установка для обеззараживания воды на животноводческих объектах / А. В. Кузьмичев, Д. А. Тихомиров //Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – № 4(19). – С. 242-246. – EDN WHAOOR.

20. Климарев, С. И. Комбинированное СВЧ-устройство для обеззараживания воды в потоке / С. И. Климарев, Ю. Е. Синяк // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2016. – Т. 50. – № 4. – С. 63-66. – DOI 10.21687/0233-528X-2016-50-4-63-66. – EDN WHGJNR.

21. Цыбульский, А. С. Электрофизические методы очистки воды / А. С. Цыбульский, А. В. Черняев // Экология промышленного производства. – 2014. – № 2(86). – С. 27-31. – EDN ULWCZJ.

22. Помогаева, В. В. Анализ основных методов обеззараживания воды / В. В. Помогаева, Ю. И. Стребкова // Российский Инженер. – 2017. – Т. 3. – № 2(8). – С. 31-37. – EDN ZCRXCF.

23. Electrohydraulic discharge and nonthermal plasma for water treatment / B.R. Locke, M. Sato, P. Sunka, M.R. Hoffmann, J.-S. Chang // Industrial and engineering chemistry research: American Chemical Society. – 2006. – Vol. 45. – № 3. – P. 882– 905.

24. L. Zhang, X. Zhu, Y. Huang, Z. Liu, and K. Yan // International Journal of Plasma Environmental Science & Technology. – April 2017. – Vol. 11. – No 1. – P. 60–63

25. Zia, M. Warm Electrohydraulic Forming: A Novel High-Speed Forming Process / M. Zia, A. Fazli, M. Soltanpour // Procedia Engineering. – 2017. – № 207. – С. 323–328.

26. Electrical discharges with liquid electrodes used in water decontamination / S.V. Kakaurov [et al.] // High Temperature. 2014. V. 52(4). P. 490-496.

27. Белов, С. Г. Применение озонирования для обработки сточных вод ОАО "Свитанак"с целью их доведения до нормативных показателей / С. Г. Белов, Г. О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2(92). – С. 98-103. – EDN YUXQHZ.

28. Generation of active entities by the pulsed arc electrohydraulic discharge system and application to removal of atrazine / N.K.V. Leitner, G. Syoen, H. Romat, K. Urashima, J.S. // Water Research. – 2005. – Vol. 39. – No 19. – P. 4705–4714

29. Белов, А. А. Исследование состава поливной воды после обработки искровыми

разрядами / А. А. Белов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3(95). – С. 162-165. – DOI 10.37670/2073-0853-2022-95-3-162-165. – EDN LAUWGP.

30. Обоснование устройства для электрогидравлической обработки водных растворов / А. А. Белов, А. А. Мусенко, А. Н. Васильев, В. Н. Топорков // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 2(46). – С. 23-29. – EDN CJRVDA.

BIBLIOGRAPHY

1. Bondarev, N. S. Analytical study of vegetable consumption in the regions of the Russian Federation / N. S. Bondarev, G. S. Bondareva, E. E. Khazieva // Bulletin of agrarian science. - 2020. - No. 3 (84). - S. 83-92. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2020.3.83. – EDN MNORHI.

2. [Internet resource]. URL https://I-will-have-land.rf/sobstvennost/pahotnye-zemli.html Request date 04/06/2023

3. Komshanov, D. S. Trends in the development of vegetable growing in Russia / D. S. Komshanov, A. I. Pavlova, I. N. Pavlov // Moscow Economic Journal. - 2021. - No. 10. - DOI 10.24411/2413-046X-2021-10638. -EDNMSDYWY.

4. Tishchenko, A. I., Kuzmichev, A. A., Ponomarenko, T. S. Rational use of water resources of the Crimea for land reclamation purposes // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. - 2018. - No. 1 (29). - S. 188-207. –EDN YOTSMN.]

5. [Internet resource]. URL: https://www.rmnt.ru/story/garden/polivaem-ogorod-pravilno.501123/) request date 04/06/2023

6. [Internet resource]. URL: http://rus-kolodez.ru/blog/64-kak-plokhaya-voda-vliyaet-na-rasteniya-i-derevya date of request 04/06/2023

7. [Internet resource]. URL: https://dpva.ru/Guide/GuideTechnologyDrawings/WaterSupplyWasteWater/WaterInRF/#13 request date 04/06/2023

8. Dong, Ya. A perspective of Integrated water resources management in the Yellow River Basin / Ya. Dong // Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea. – 2014. – No. 4(10). – P. 26-35. – EDN THSGQX.

9.S.Y. Ghoubachi. Impact of Lake Nasser on the groundwater of the Nubia sandstone aquifer system in Tushka area, south western desert, Egypt. J King Saud Univ–Sci (2010), 10.1016/j.jksus.2010.04.005

10.K.R. Suresh, and M.A. Nagesh. Experimental Studies on Effect of Water and Soil quality on Crop Yield. Aquatic Procedia, vol. 4, 2015. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.161

11. Darmonov, E. D., Yuldashev G., Turdaliev A. T. Influence of irrigation with mineralized waters on agrobiological features and productivity of wheat // Scientific Review. Biological Sciences. - 2021. - No. 4. - S. 23-27. – DOI 10.17513/srbs.1239. –EDN CWZZGB.]

12. Arteca R.N., Arteca J.M. A novel method for growing Arabidopsis thaliana plants hydroponically-ly // Physiol. Plant, 108: 2000. - P. 188-193.

13. Osipov, A. I. The role of fertilizers in soil fertility and plant nutrition / A. I. Osipov // Health is the basis of human potential: problems and ways to solve them. - 2020. - T. 15, No. 2. - S. 874-887. – EDN GCRYKZ.

14. P. P. Dolgikh, Trepuz, S. V. Solution node for controlled cultivation of plants in protected ground // Bulletin of KrasGAU. - 2017. - No. 5 (128). - S. 40-44. – EDN ZDBAJV.

15. Schwarza D., Groscha R., Grossb W., Hoffmann-Hergartenc S. Water quality assessment of different reservoir types in relation to nutrient solution use in hydroponics // Agric.

Water Management, 71: 2005. - P. 145-166.

16. Resh H.M. Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food growing meth-ods // 6th ed. Woodbridge Press Publishing Company. - 2001. - P. 210-499.

17. Bystritsky A. L., Bardin V. V., Aladzhalov L. A., Semenov V. V. Methods for deep purification of water from chlorides for the preparation of reference solutions. - 1991. - No. 7. - S. 26-28. – EDN TBBKYG Musenko, A. A. Modeling of an electro-hydraulic plant for water treatment / A. A. Musenko, Yu. A. Stepanychev // Innovations in agriculture. - 2019. - No. 3 (32). - S. 313-318. – EDN RMZWDM.

18. [Internet resource]. URL: eLIBRARY.RU - SCIENTIFIC ELECTRONIC LIBRARY request date 06.04.2023

19. Kuzmichev, A.V., Tikhomirov D.A. Modular installation for water disinfection at livestock facilities // Innovations in agriculture. - 2016. - No. 4 (19). - S. 242-246. – EDN WHAOOR.

20. Klimarev, S. I. Combined microwave device for water disinfection in a stream / S. I. Klimarev, Yu. E. Sinyak // Aerospace and ecological medicine. - 2016. - T. 50. - No. 4. - S. 63-66. – DOI 10.21687/0233-528X-2016-50-4-63-66. – EDN WHGJNR.

21. Tsybulsky, A.S. Electrophysical methods of water purification / A.S. Tsybulsky, A.V. Chernyaev // Ecology of industrial production. - 2014. - No. 2 (86). - S. 27-31. – EDN ULWCZJ.

22. Pomogaeva, V. V. Analysis of the main methods of water disinfection / V. V. Pomogaeva, Yu. I. Strebkova // Russian Engineer. - 2017. - T. 3. - No. 2 (8). - S. 31-37. – EDNZCRXCF.

23. Electrohydraulic discharge and nonthermal plasma for water treatment / B.R. Locke, M. Sato, P. Sunka, M.R. Hoffmann, J.-S. Chang // Industrial and engineering chemistry research: American Chemical Society. - 2006. - Vol. 45. – No. 3. – P. 882–905.

24. L. Zhang, X. Zhu, Y. Huang, Z. Liu, and K. Yan // International Journal of Plasma Environmental Science & Technology. - April 2017. - Vol. 11. - No 1. - R. 60-63

25. Zia, M. Warm Electrohydraulic Forming: A Novel High-Speed Forming Process / M. Zia, A. Fazli, M. Soltanpour // Procedia Engineering. - 2017. - No. 207. - P. 323-328.

26. Electrical discharges with liquid electrodes used in water decontamination / S.V. Kakaurov [et al.] // High Temperature. 2014. V. 52(4). R. 490-496.

27. Belov, S. G. The use of ozonation for the treatment of wastewater of JSC "Svitanak" in order to bring them up to standard indicators / S. G. Belov, G. O. Naumchik // Bulletin of the Brest State Technical University. Water management construction, thermal power engineering and geoecology. - 2015. - No. 2 (92). – S. 98-103. – EDN YUXQHZ.

28. Generation of active entities by the pulsed arc electrohydraulic discharge system and application to removal of atrazine / N.K.V. Leitner, G. Syoen, H. Romat, K. Urashima, J.S. // Water Research. - 2005. - Vol. 39. - No 19. - R. 4705-4714

29. Belov, A. A. Study of the composition of irrigation water after treatment with spark discharges / A. A. Belov // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. - 2022. - No. 3 (95). - S. 162-165. – DOI 10.37670/2073-0853-2022-95-3-162-165. – EDN LAUWGP.

30. Belov A. A., Musenko A. A., Vasiliev A. N., Toporkov V. N. Substantiation of a device for electrohydraulic treatment of aqueous solutions // Herald of Agrarian Science of the Don. - 2019. - No. 2 (46). - S. 23-29. – EDN CJRVDA.

Пепин Василий Михайлович, студент, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», vasya.pepin@mail.ru

Дерен Федор Денисович, студент, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный

агроинженерный центр ВИМ», deren-fedja@rambler.ru
Васильев Алексей Николаевич, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник лаборатории электрофизических воздействий на сельскохозяйственные материалы, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», vasilev-viesh@inbox.ru

METHODS OF PREPARING NUTRIENT SOLUTION FOR IRRIGATION USING ELECTROPHYSICAL INFLUENCES

Pepin. V. M., Deren F. D., Vasiliev A. L.

Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Abstact: Statistic data show that a significant amount of vegetable production falls on household farms. It is necessary to irrigate for increasing the yield and quality of plants. Water must meet quality requirements. The water treatment should be used chemical, physical, physical-chemical, biological methods to ensure these requirements. The most promising is the physicochemical method. It includes such methods as: UV treatment; microwave, ozonation; EG-impact. Nutrient solutions are also used to increase yields. 29 articles on this topic have been analyzed. The main organizations conducting research in this direction are the FGBU FNAC VIM and the Russian Research Institute for Land Reclamation Problems. Every year a number of articles on this topic are published, which indicates the relevance of this topic.

Key words: nutrient solution, electrophysical impact, electric shock, microwave, ultraviolet, ozonation, water quality.

Pepin Vasiliy Mikhailovich, student, Russia, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, vasya.pepin@mail.ru
Deren Fedor Denisovich, student, Russia, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, deren-fedja@rambler.ru
Vasilev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher of the Laboratory of Electrophysical Effects on Agricultural Materials, Russia, Moscow, Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, vasilev-viesh@inbox.ru

УДК 631.563.2

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗЕРНОВОЙ НАСЫПИ

В.В. Руденко, Д.А. Будников

ФГБУ ФНАЦ ВИМ, Москва, Россия

Аннотация: *Временное хранение зерновых культур на удаленных не электрифицированных складах зачастую приводит к порче урожая и унижению его качества. Снижение данного вида потерь может быть обеспечено за счет внедрения систем удаленного мониторинга и раннего предупреждения о возможных аварийных ситуациях. Электропитание такого вида оборудования целесообразно производить за счет применения возобновляемых источников энергии и местной генерации. Целью данной работы является обзор различных методов послеуборочного хранения зерна, применяемых мелкими сельскохозяйственными производителями, систем мониторинга состояния зернового слоя и возможности его автономного энергоснабжения. В исследовании обсуждаются различные потери зерна, возникающие на различных этапах послеуборочной обработки и хранения зерна. На основании проведенной работы сформулированы выводы о необходимости разработки и внедрения систем мониторинга зерновой насыпи, хранящейся на складах, удаленных от систем централизованного электроснабжения.*

Ключевые слова: *зерновая насыпь, мониторинг состояния, потери зерна, хранение зерна, возобновляемые источники энергии.*

Введение. В настоящее время по данным Food and Agricultural Organization of the United Nations годовой объем убираемого урожая зерновых в мире составляет около 2756 миллионов тонн [12]. Большая часть данного урожая выращивается на крупных агропромышленных хозяйствах. При этом существует большое количество мелких фермерских хозяйств (более 500 миллионов), ведущих свою деятельность на площади менее 10 га земли [3]. В большей степени наличие мелких фермерских хозяйств характерно для развивающихся стран [7]. Многие мелкие хозяйства производят зерно для внутреннего потребление, например, на производство корма для животных. Пшеница, кукуруза, рис – наиболее производимые и потребляемые зерновые культуры в мире. Особенностью выращивания зерновых культур является то, что они производятся сезонно. Для многих хозяйств характерен ограниченный доступ к средствам механизации послеуборочной обработки, а также современным средствам хранения. [1]. Все это ведет к появлению потерь как в процессе уборки, так и послеуборочной обработки, и хранения. В таких условиях послеуборочные потери составляют до 15% в поле, 13–20 % при переработке и 15–25 % при хранении [1]. Это приводит к огромным потерям продовольствия и снижению качества продуктов питания, что способствует отсутствию продовольственной безопасности для фермерских домохозяйств. Потери в процессе хранения возникают из-за повышенного уровня влажности зерна, закладываемого на хранение, самосогревания, влияния погодных условий и прочих отклонений в условиях хранения.

Потери при хранении зерна являются одним из основных факторов, влияющих на общие послеуборочные потери зерна [5]. Эффективное хранение с минимальными потерями

зерна может в значительной степени способствовать сокращению общих потерь продовольствия для мелких фермеров и оказать непосредственное и значительное влияние на их средства к существованию. Таким образом, совершенствование способов послеуборочной обработки и хранения сельскохозяйственной продукции, а также средств мониторинга их состояния фермерами имеет важное значение для снижения потерь зерновых при хранении и переработке.

Послеуборочные потери зерна включают все потери, начиная с момента уборки зерна до его использования в пищу или для других целей. Потери могут быть в сроках или количестве и качестве зерна, и то, и другое значительно снижает его стоимость. Количественные потери происходят из-за прямых потерь зерна; вредителей, таких как птицы, мыши и т.д. или механических повреждений, тогда как качественные потери в основном связаны с заражением плесенью, микотоксинами и механическими повреждениями.

Хранилища зерна, используемые в хозяйствах, можно разделить на: наземные склады; бетонные силосы; металлические силосы и т.д. При этом около 56% мощностей для хранения зерна находятся у сельскохозяйственных производителей, а оставшуюся часть представляют собой мощности элеваторов, хлебоприемных предприятий, переработчиков зерна.

Во многих случаях системы хранения, организованные на удаленных складах, не оборудованы системами как централизованного, так и местного электроснабжения. В этих случаях затруднен мониторинг состояния зерновой насыпи и возможны потери как в качестве, так и в объеме зерновой массы за счет несвоевременного обнаружения проблем при хранении. В качестве источников энергии могут быть использованы как централизованные, так и автономные источники энергии. При этом под возобновляемыми источниками энергии, которые могут быт использованы для энергообеспечения тепловых процессов, подразумевается используемая для генерации теплоты энергия солнца, грунта, воздуха, воды, биомассы.

Цель исследования – обзор различных методов послеуборочного хранения зерна, применяемых мелкими сельскохозяйственными производителями, систем мониторинга состояния зернового слоя и возможности его автономного энергоснабжения.

Зерно является продуктом длительного хранения. Его хранят в течение нескольких месяцев после сбора урожая. Данный этап наиболее длительный в сравнении с остальными этапами послеуборочной обработки зерна [4, 5]. Кроме того, зерно минимально контролируется при хранении. Для снижения потерь зерна необходимо соблюдение определенных условий хранения зерна. На потери при хранении влияют физические, биологические и социально-экономические факторы.

К физическим факторам, оказывающим влияние на сохранность зерна, относятся кислород, влажность, относительная влажность и температура. Физические факторы влияют на условия для размножения насекомых и роста плесени при хранении зерна, что в конечном итоге сказывается на сохранности зерна.

В зерновом слое при хранении происходит жизнедеятельность и размножение вредоносных насекомых. При этом температура в диапазоне от 25 до 35 °С создает благоприятные условия для быстрого роста большинства запасающих насекомых [2, 11]. В условиях температуры ниже 13 ◦С или выше 40 °С насекомые склонны снижать свою активность, мигрировать или в конечном итоге погибать [6, 9]. Также в этом диапазоне температур

(25 °C до 30 °C) происходит рост большинства видов плесеней [9]. Развитие плесеней также характерно при наличии повышенной влажности. Споры плесени оседают на поверхности зерна и быстро растут. Температурные градиенты способствуют накоплению влаги в проблемных зонах системы хранения, что создает благоприятные условия для роста плесени и очагов самосогревания [6].

При хранении зерна в силосе или на складе, температура в центре объема зерновой насыпи остается примерно постоянной, соответствующей закладке на хранение. Зерно, контактирующее со стенками хранилища, имеет колебания температуры, обусловленное колебаниями температуры окружающего воздуха. При хранении зерна в условиях высокого содержания влаги и высокой относительной влажности, понижение температуры внешней стенки происходит быстрее, что способствует конденсации и образованию областей повышенной влажности. В таких условиях происходит ускоренный рост плесневых грибов.

Наличие влаги и кислорода увеличивает интенсивность дыхания зерна. Это приводит к выделению тепла, углекислого газа и ферментов, расщепляющих крахмал, белки и липиды в зерне. Жизнедеятельность насекомых также связана с наличием доступного кислорода во время метаболической активности, они повышают концентрацию углекислого газа в герметичной системе хранения за счет дыхания.

Все это ведет к возможной порче зерновой массы во время хранения и требует своевременного реагирования на появление очагов самосогревания и их ликвидации.

Материалы и методы: Для анализа состояния вопроса хранения зерновых использовались базы Росстата, отчеты министерства сельского хозяйства РФ, материалы базы РИНЦ. При рассмотрении существующих систем мониторинга анализировались предложения производителей, а также решения, опубликованные в патентных и научных базах.

В настоящий момент существует большое количество систем мониторинга зернохранилищ, силосов, элеваторов. Большинство таких систем представляют собой группы термодатчиков для контроля изменения температуры по объему зерновой массы в процессе хранения. Существующие системы производят контроль температуры, концентрации углекислого газа, влажности, задымленности, наличия огня [10]. Многие из существующих систем автоматически передают показания на централизованные сервера систем контроля как по проводным каналам связи, так и с использованием беспроводных технологий. Данные, получаемые такими системами, применяются как для непосредственного контроля проблемных зон, так и для ликвидации проблемных очагов путем применения технологических операций вентилирования и охлаждения.

В отличии от централизованных складов, элеваторов и подобных хранилищ, обеспечиваемых системами централизованного электроснабжения, существуют удаленные склады, представляющие собой неэлектрефицированные площадки, обеспеченные крышами и минимальной защитой от погодных аномалий. На подобных складах зерно может храниться как с целью интенсификации процесса уборки, так и для сокращения простоев во время перемещения зерна на удаленные склады. Кроме того, некоторые производители и поставщики зерна используют подобные склады для промежуточного хранения во время ожидания лучшей цены.

Топология системы контроля состояния зернового слоя для силоса упрощенно может быть представлена схемой, представленной на рисунке 1. При этом контроллер не только собирает информацию от датчиков, но и транслирует их на SCADA систему оператора.

Зачастую индикация состояния и оповещение об авариях производится не только на рабочем месте оператора, но и осуществляются в приложении для смартфона.

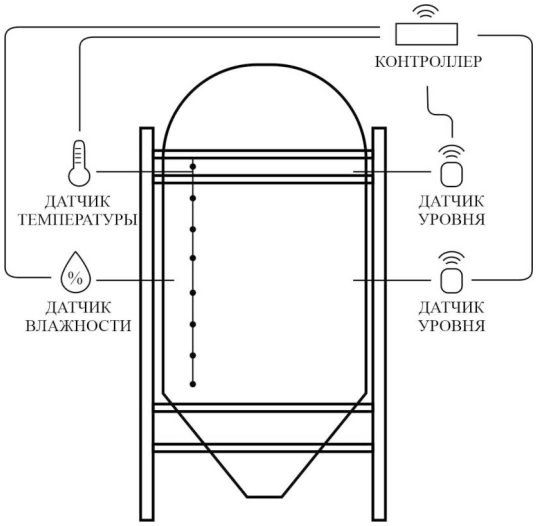
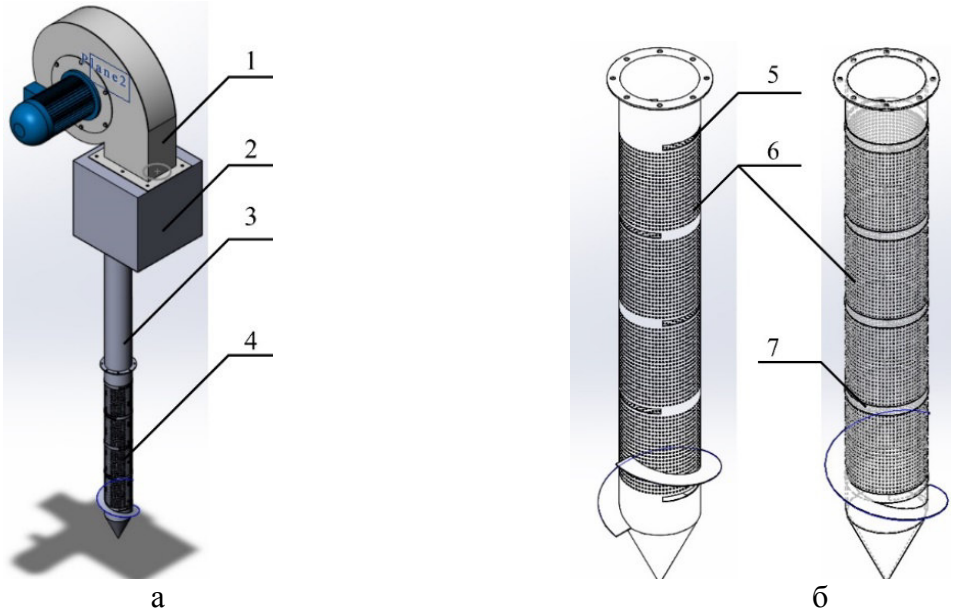


Рисунок 1 – Топология системы мониторинга хранения зерна

Аналогичным образом может быть выполнена система для зерносклада или зернотока. При учете того, что указанные склады не оснащены системой централизованного электроснабжения, необходимо определить перечень применяемого оборудования (датчики, контроллеры и т.д.). По существующим данным, ориентировочная мощность системы мониторинга составляет 2 кВт.

Результаты и обсуждение. При выборе источника местной генерации энергии стоит рассматривать как мощность системы мониторинга, так и прогноз возможности накопления энергии в течение нескольких дней. Так как погодные условия могут меняться в процессе хранения, то и эффективность накопления энергии от отдельных возобновляемых источников привязана к месту расположения складов и усредненным погодным условиям. Так как уборка зерновых должна происходить при благоприятных погодных условиях (температура и влажность), наиболее целесообразным является применение солнечных батарей.



а б

Рисунок 2 – Эскизная модель экспериментальной переносной установки для сушки зерна: а – в сборе; б – волновод-излучатель

В отдельных случаях может быть предусмотрено применение вентиляционного оборудования для оперативных подсушки, охлаждения зерна и ликвидации очагов самосогревания. Примером подобного оборудования может быть вентиляционное копье, позволяющего применять электрофизические средства интенсификации процесса тепло-влагопереноса (рисунок 2).

На рисунке 2: 1 – вентилятор может подключаться на нагнетание при использовании источников электрофизического воздействия или на разряжение (без источника); 2 – модуль электрофизического воздействия; 3 – волновод-удлинитель; 4 – волновод-излучатель; 5 – излучающая щель; 6 – вентиляционные отверстия; 7 – фторопластовое кольцо (для предотвращения попадания обрабатываемого материала в волновод-излучатель.

Мощность данной установки составляет 1,5-3 кВт в зависимости от исполнения и применяемого оборудования. В зависимости от размера склада и количества применяемых вентиляционных установок, мощность, требуемая для системы вентиляции может достигать 15-30 кВт. Кроме того, подобная система может функционировать в режиме импульсной подачи энергии или частичного включения переносных установок.

Выводы. На основе рассмотренных данных могут быть сделаны следующие выводы:

1. Для снижения потерь зерна при хранении на удаленных неэлектрифицированных складах необходима разработка систем мониторинга, питающихся от возобновляемых источников энергии.
2. Мощность системы мониторинга удаленных складов по данным разработчиков составляет уровня в 2 кВт.
3. В качестве источника энергии для электроснабжения систем мониторинга состояния зернового слоя целесообразно применение солнечных батарей.
4. Для обеспечения ликвидации очагов самосогревания, а также подсушки и охлаждения зернового слоя на удаленных складах целесообразно применение вентиляционных копий, в том числе использующих электрофизические средства интенсификации.
5. Мощность систем вентиляции, состоящих из вентиляционных копий, составляет 15-30 кВт и более. Для обеспечения их электроснабжения возможно применение мобильных энергетических платформ, а также местных источников генерации энергии.

Список использованных источников:

1. Abass, A.B.; Ndunguru, G.; Mamiro, P.; Alenkhe, B.; Mlingi, N.; Bekunda, M. (2014). Post-harvest food losses in maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania. J. Stored Prod. Res. 57. 49–57.

2. Alexander Belov, Alexey Vasilyev, Alexey Dorokhov (2021). Effect of microwave pretreatment on the exchange energy of forage barley. Journal of Food Process Engineering. Vol. 44. #9. DOI: 10.1111/jfpe.13785.

3. Ashish Manandhar, Paschal Milindi and Ajay Shah (2018). An Overview of the Post-Harvest Grain Storage Practices of Smallholder Farmers in Developing Countries Agriculture. 8, 57; doi:10.3390/agriculture8040057.

4. Budnikov, D.A. (2022). Study of the Ratio of Heat and Electrical Energy Expended in Microwave-Convective Drying of Grain. In: Popkova, E.G., Sergi, B.S. (eds) Sustainable Agriculture. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8731-0_38.

5. Chigoverah, A.A.; Mvumi, B.M. (2016). Efficacy of metal silos and hermetic bags against storedmaize insect pests under simulated smallholder farmer conditions. J. Stored Prod. Res. 69. 179–189.

6. Fields, P.G. (1992). The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. J. Stored Prod. Res. 28. 89–118.

7. Food and Agriculture Organization. (2014). The State of Food and Agriculture: Innovation in Family Farming; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.

8. Kumar, D.; Kalita, P. (2017). Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries. Foods. 6. 8.

9. Lindblad, C. (1981). Programming and Training for Small Farm Grain Storage. Appropriate Technologies for Development. Manual No. M-2B; Burton International School: Detroit, MI, USA.

10. Lydia J, Leones Sherwin Vimalraj S, Monisha R, Murugan R. (2022). Automated food grain monitoring system for warehouse using IOT. Measurement: Sensors. Volume 24. 100472. https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100472.

11. Proctor, D.L. (1994). Grain Storage Techniques: Evolution and Trends in Developing Countries; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.

12. World Wheat Production by Country. https://www.atlasbig.com/en-us/countries-wheat-production Access: 31/01/2023.

BIBLIOGRAPHY

1. Abass, A.B.; Ndunguru, G.; Mamiro, P.; Alenkhe, B.; Mlingi, N.; Bekunda, M. (2014). Post-harvest food losses in maize-based farming system of semi-arid savannah area of Tanzania. J. Stored Prod. Res. 57. 49–57.

2. Alexander Belov, Alexey Vasilyev, Alexey Dorokhov (2021). Effect of microwave pretreatment on the exchange energy of forage barley. Journal of Food Process Engineering. Vol. 44. #9. DOI: 10.1111/jfpe.13785.

3. Ashish Manandhar, Paschal Milindi and Ajay Shah (2018). An Overview of the Post-Harvest Grain Storage Practices of Smallholder Farmers in Developing Countries Agriculture. 8, 57; doi:10.3390/agriculture8040057.

4. Budnikov, D.A. (2022). Study of the Ratio of Heat and Electrical Energy Expended in Microwave-Convective Drying of Grain. In: Popkova, E.G., Sergi, B.S. (eds) Sustainable Agriculture. Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8731-0_38.

5. Chigoverah, A.A.; Mvumi, B.M. (2016). Efficacy of metal silos and hermetic bags against storedmaize insect pests under simulated smallholder farmer conditions. J. Stored Prod. Res. 69. 179–189.

6. Fields, P.G. (1992). The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. J. Stored Prod. Res. 28. 89–118.

7. Food and Agriculture Organization. (2014). The State of Food and Agriculture: Innovation in Family Farming; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.

8. Kumar, D.; Kalita, P. (2017). Reducing Postharvest Losses during Storage of Grain Crops to Strengthen Food Security in Developing Countries. Foods. 6. 8.

9. Lindblad, C. (1981). Programming and Training for Small Farm Grain Storage. Appropriate Technologies for Development. Manual No. M-2B; Burton International School: Detroit, MI, USA.

10. Lydia J, Leones Sherwin Vimalraj S, Monisha R, Murugan R. (2022). Automated food grain monitoring system for warehouse using IOT. Measurement: Sensors. Volume 24. 100472. https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100472.

11. Proctor, D.L. (1994). Grain Storage Techniques: Evolution and Trends in Developing Countries; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.

12. World Wheat Production by Country. https://www.atlasbig.com/en-us/countries-wheat-production Access: 31/01/2023.

Руденко Виктор Васильевич, магистрант, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», rfgazov@gmail.com

Будников Дмитрий Александрович, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории электрофизических воздействий на сельскохозяйственные материалы, Россия, Москва, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», dimm@inbox.ru

JUSTIFICATION OF THE NEED TO DEVELOP SYSTEMS REMOTE MONITORING OF THE GRAIN MOUND CONDITION

Rudenko V.V., Budnikov D.A.

Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM"

Abstract: Temporary storage of grain crops in remote non-electrified warehouses often leads to crop damage and degradation of its quality. The reduction of this type of loss can be achieved through the introduction of remote monitoring systems and early warning of possible emergency situations. It is advisable to produce power supply for this type of equipment through the use of renewable energy sources and local generation. The purpose of this work is to review various methods of post-harvest grain storage used by small agricultural producers, systems for monitoring the state of the grain layer and the possibility of its autonomous power supply. The study discusses various grain losses occurring at various stages of post-harvest processing and grain storage. Based on the work carried out, conclusions are formulated about the need to develop and implement monitoring systems for grain mound stored in warehouses remote from centralized electrical systems.

Key words: grain embankment, condition monitoring, grain losses, grain storage, renewable energy sources.

Rudenko Victor Vasil'evich, student, Russia, Moscow, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, rfgazov@gmail.com

Budnikov Dmitry Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Principal Researcher of the Laboratory of Electrophysical Effects on Agricultural Materials, Russia, Moscow, Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, dimm13@inbox.ru

УДК 636.034

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И СХЕМА СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ

Довлатов И.М., Комков И.В.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация. *В работе определена высокая степень влияния микроклиматических показателей на продуктивность крупного рогатого скота, для полноценной реализации генетического потенциала животных. Проведен анализ соответствующей научной литературы. Выявлены способы воздействия и контроля параметров микроклимата в помещениях для содержания. Разработаны функциональная модель и функционально-структурная схема системы обеспечения параметров воздуха. Описан способ работы предлагаемой системы. Выявлены основные ее части: теплообменник; приточный и вытяжной вентилятор; корпус; узел дезинфекции, включающий форсунку, патрубок и бак с дезинфектантом; турбодефлектор; воздушные заслонки; механизм рециркуляции воздуха и фильтры. Определены их функции: Утилизация теплоты вытяжного воздуха, включающая частичное прогревание приточного воздуха; Базирование узлов и ограждение от внешних воздействий; Обеспечение воздухообмена; Дезинфекция рециркулируемого и приточного воздуха, включающая частичное обеспыливание и увлажнение воздуха; Рециркуляция воздуха, включающая очистку воздуха.*

Ключевые слова: *система обеспечения параметров, микроклимат, параметры, функциональная модель, структурная модель*

Введение. Реализация заложенных генетических потенциалов животных достигается обеспечением качественных условий содержания и проявляется в высоких показателях продуктивности. Основной способ обеспечения надлежащих условий содержания – это обеспечение параметров микроклимата на уровне, регламентированным ПДК [1,2].

Наиболее значимыми параметрами микроклимата считаются: температура, относительная влажность, бактериальная обсемененность, загазованность помещения. Для контроля параметров микроклимата, которые возможно контролировать через воздух, используются 3 основных способа вентиляции: естественная, принудительная, комбинированная [2,3].

Естественная предполагает наличие вентиляционных люков и каналов, вытяжные шахты, шторки, способные осуществлять пропускание воздушных масс. Принудительная вентиляция осуществляется вентиляторам осевыми и подвесными лопастными и приточно-вытяжными шахтами. Иногда данный способ называют искусственным, в связи с тем, что в ряде животноводческих комплексах, таких как свинарники и птичники, требуется полный контроль параметров воздуха и не допускается влияние внешних условий среды. Комбинированный способ предполагает наличие как приточных каналов с вытяжными

люками или шахтами, так и вентиляторов и приточно-вытяжных шахт. Это делается для возможности увеличения воздухообмена в помещении, когда существует такая возможность. Данный способ преимущественно применяется в скотоводстве [3-5].

Для решения вышеописанного вопроса предлагается интеграция комбинированной системы обеспечения параметров воздуха в помещения для содержания крупного рогатого скота. Предлагаемая система должна обеспечивать качественное осуществление мониторинга и контроля основных параметров микроклимата. Система будет осуществлять воздухообмен, поддержание оптимальных значений температуры, чистоты воздуха и влажности в помещении, своевременно удалять отработанный воздух [6,7].

Цель работы обосновать технологические процессы и компонентный состав системы с помощью разработанных функциональной и функционально-структурной моделях

Материалы и методы. Разработанные функциональная модель и функционально-структурная схема системы обеспечения параметров воздух в помещении для содержания крупного рогатого скота предназначены для объяснения и обоснования составных частей и узлов системы. Перед построением модели и схемы было определены функции для обеспечения интересующих нас параметров и разработаны узлы систем, которые должны обеспечивать их контроль.

Результаты и их обсуждения.

Принцип работы системы описан ниже. При включении данной системы загрязненный воздух из помещения засасывается в шахту с помощью вентилятора и турбодефлектора, располагающегося сверху. Часть отработанного воздуха подвергается рециркуляции, проходя через фильтры. Вещества, оседающие на фильтрах, попадают в пылесборник, располагающийся под фильтрами. Также в рекуперационной части шахты имеется заслонка, которую можно закрыть, если температура воздуха в помещении достаточно высокая и нет необходимости в поступлении теплого воздуха. Основная масса удаляемого воздуха выносится наружу по шахте, проходя через пластинчатый теплообменник. Пластины нагреваются от удаляемого воздуха путем передачи тепла, которое потом передают поступающему свежему воздуху с улицы. Поступающий воздух, проходя через теплообменник, нагревается до оптимальной температуры и поступает в помещение уже достаточно прогретым, что способствует поддержанию оптимальных условий микроклимата. Приходящий воздух перед поступлением в помещение также проходит через электрофильтр, что способствует его очищению. Внутри шахты, через которую поступает воздух с улицы, располагается форсунка, распыляющая дезинфектант. Это позволяет частично обеспыливать воздух и инактивировать патогенную микрофлору, а дополнительно – увлажнять воздух при необходимости. Форсунка располагается таким образом, что распыляющийся дезинфектант обрабатывает 2 потока воздуха: приходящий с улицы и рециркуляционный, то есть часть отработанного воздуха, который возвращается для поддержания положительного значения температуры, также обрабатывается от патогенных микроорганизмов. Дополнительно в системе предусмотрена автоматика по сбору параметров и их анализу по скорости потока, влажности и температуре.

В связи с тем, что система обеспечения параметров воздуха предполагается располагать в помещении размещения крупного рогатого скота, необходимо предусмотреть ряд характеристик, которые способствуют ее функционированию. Среда, в которой содержатся животные для техники, располагаемой в помещении, считается агрессивной. Исходя из этого, оборудование должно обладать определенной устойчивостью к агрессивным средам, герметичностью и надежностью для качественного функционирования

(рисунок 1).

Анализируя источники [8,9] было рассмотрено построение алгоритмов для технологических средств в сельском хозяйстве, на основе этого сформированы рисунки 1 и 2.



Рисунок 1 – Функциональная модель системы обеспечения параметров воздуха

На рисунке 1 определены основные части системы и показаны основные их качества. Предлагаемая система призвана осуществлять воздухообмен, удаление избыточного тепла и прогревание приходящего воздуха для поддержания оптимальных значений температуры. Также предполагается осуществление дезинфекции воздушных масс для предотвращения заболеваний. Обеспечение параметров воздуха и его дезинфекция состоит из утилизации теплоты вытяжного воздуха, обеспечения воздухообмена, рециркуляции воздуха, дезинфекции воздушных потоков. Все узлы и части системы предполагается располагать таким образом, чтобы не создавать помех рабочему персоналу и не подвергать животных дискомфорту или опасности.

Каждая из частей системы должна быть выполнена из материалов, способных работать в агрессивных средах, быть устойчива к ним. Также они должны быть герметичны, чтобы исключать потери воздуха и дезинфектанта при работе. Для обеспечения надлежащего уровня работы все составляющие должны быть эффективны в осуществлении своей части работы и энергоэффективны, для минимизации затрат по электроэнергии. Надежность конструкции обуславливается качественными креплениями и корректным размещение в помещении. Также все части системы должны обладать достаточной надежностью для осуществления своих задач.

Осуществление воздухообмена позволит приносить воздух с улицы и удалять отработанный воздух из помещения, что способствует терморегуляции и уменьшению загазованности в помещении.

Утилизация теплоты из помещения позволяет регулировать уровень температуры, относительной влажности.

Рекуперация воздуха позволяет обеспечивать поддержание оптимальной температуры на надлежащем уровне. Благодаря возвращению части отработанного воздуха существует меньшая необходимость в подогреве воздушных масс в помещении, как следствие повышение энергоэффективности.

Для поддержания оптимального уровня бактериальной обсемененности в помещении следует использовать дезинфектант, для его распыление предлагается использовать форсунки для распыления на воздушные массы, приходящие с улицы и рекуперируемые в системе. Это позволяет улучшить физиологическое состояние скота, что будет способствовать высокой продуктивности.

В связи с тем, что рекуперируемый воздух является отработанным и приносится из помещения с последующим его возвращением обратно, существует необходимость в системах его очистки. Электрофильтр и фильтр грубой очистки будет позволять проводить очистку данных воздушных масс и как следствие они будут менее загрязненными, что также повышает качество физиологического состояния. Также предлагается подвергать очистке приточный воздух с улицы, так как нельзя однозначно утверждать в его чистоте.

Качественное проектирование и разработка и математический подсчет габаритных размеров системы обеспечения параметров воздуха позволит более эффективно разместить ее в помещении, увеличить работоспособность и минимизировать или нивелировать возможность повреждения оборудования скотом или работниками предприятия, в свою очередь это также минимизирует количество травм на производстве как со стороны обслуживающего персонала, так и со стороны животных.

Для выполнения работы системы, прописанный выше, необходимо понимание какая часть предлагаемой системы обеспечения параметров осуществляет ту или иную функцию. Для наглядности была сформирована функционально-структурная схема (рисунок 2).

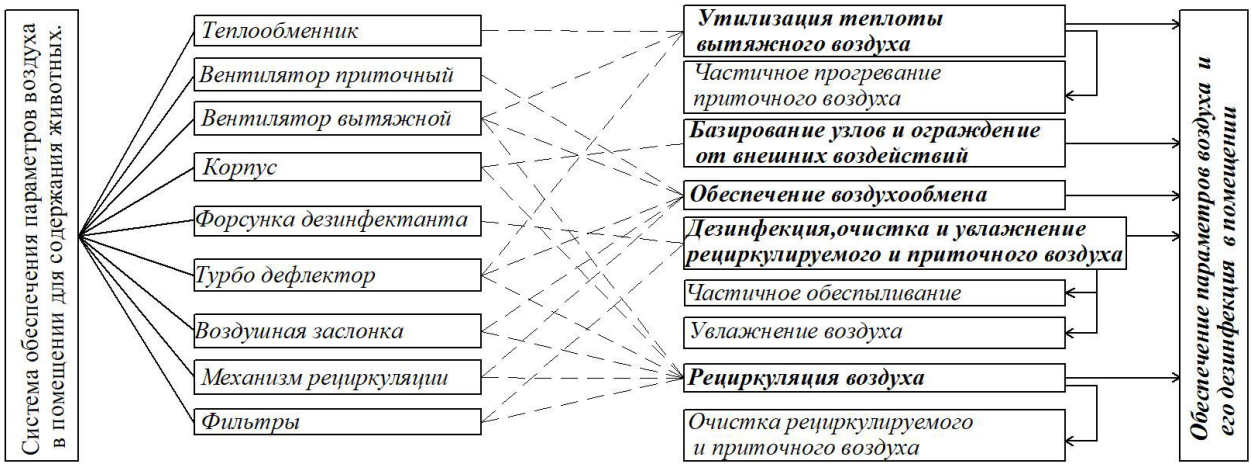


Рисунок 2 – Функционально-структурная модель системы обеспечения параметров воздуха

На рисунке 2 отображены функциональные части разрабатываемой системы, определены основные их функции для обеспечения необходимых параметров воздуха. Отмечено, что ряд функций системы осуществляется несколькими частями конструкции, а

также некоторые ее составляющие отвечают за исполнение нескольких функций сразу. Это свидетельствует о системном подходе к выполнению задач данной системы и повышенной эффективности выполнения работ, за счет влияния сразу нескольких компонентов.

Предлагаема система состоит из теплообменника; приточного и вытяжного вентиляторов; корпуса; узла дезинфекции, включающий форсунку, патрубок и бак с дезинфектантом; турбодефлектора; воздушных заслонок; механизма рециркуляции воздуха и фильтров грубой отчистки с электрофильтром. Часть функций, выделенные жирным шрифтом, включают в себя еще некоторые функции. Так, например, дезинфекция, очистка и увлажнение воздуха включает в себя частичное обеспыливание и увлажнение.

Для обеспечения параметров воздуха и его дезинфекции в помещении выделены основные функции системы: Утилизация теплоты вытяжного воздуха, включающая частичное прогревание приточного воздуха; Базирование узлов и ограждение от внешних воздействий; Обеспечение воздухообмена; Дезинфекция рециркулируемого и приточного воздуха, включающая частичное обеспыливание и увлажнение воздуха; Рециркуляция воздуха, включающая очистку воздуха.

Данная система предлагается для использования в помещениях содержания крупного рогатого скота, для обеспечения надлежащего уровня интересующих нас параметров. Также существует возможность проведения исследований по проектировке и разработке систем обеспечения микроклиматических параметров для других разделов животноводства. В дальнейших исследованиях будут проводится более подробные исследования по данной тематике, усовершенствование предлагаемых структурно-функциональных схем, разработка алгоритма функционирования системы.

Выводы. Для решения данного вопроса предлагается интеграция системы обеспечения параметров воздуха в помещения для содержания крупного рогатого скота. Это позволит качественно осуществлять мониторинг и контроль интересующих нас параметров. Будет осуществляться воздухообмен, поддержание оптимальные значения температуры и влажности в помещении, своевременное удаление отработанного воздуха способствует избеганию излишней загазованности

Обеспечение параметров воздуха и его дезинфекция состоит из утилизации теплоты вытяжного воздуха, обеспечения воздухообмена, рециркуляции воздуха, дезинфекции воздушных потоков. Все узлы и части системы предполагается располагать таким образом, чтобы не создавать помех рабочему персоналу и не подвергать животных дискомфорту или опасности. Каждая из частей системы должна быть выполнена из материалов, способных работать в агрессивных средах, быть устойчива к ним. Также они должны быть герметичны, чтобы исключать потери воздуха и дезинфектанта при работе. Для обеспечения надлежащего уровня работы все составляющие должны быть эффективны в осуществлении своей части работы и энергоэффективны, для минимизации затрат по электроэнергии. Надежность конструкции обуславливается качественными креплениями и корректным размещение в помещении. Также все части системы должны обладать достаточной надежностью для осуществления своих задач.

Для обеспечения параметров воздуха и его дезинфекции в помещении выделены основные функции системы: Утилизация теплоты вытяжного воздуха, включающая частичное прогревание приточного воздуха; Базирование узлов и ограждение от внешних воздействий; Обеспечение воздухообмена; Дезинфекция рециркулируемого и приточного воздуха, включающая частичное обеспыливание и увлажнение воздуха; Рециркуляция

воздуха, включающая очистку воздуха.

Работа выполнена при поддержке Федерального Государственного Бюджетного Научного Учреждения Федерального Научного Аграрного Центра «ВИМ».

Список использованных источников:

1. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 "Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации".

2. Довлатов И.М., Юрочка С.С. Разработка энергоэффективной системы микроклимата для беспривязного содержания дойного стада. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021;15(3):73-80.

3. Войтюк М.М., Сураева Е.А. Сборник «Типовые проектные решения для модернизации животноводческих и птицеводческих комплексов и ферм» – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 272 с.

4. Voznyak, O., Yurkevych, Y., Sukholova, I., Myroniuk, K. Mathematical Modeling of Air Distribution in a Non-stationary Mode by Swirled-Compact Air Jets // Lecture Notes in Civil Engineering – 2023. – 290 LNCE, С. 432-440.

5. García-Castillo J.L., Picón-Núñez M., Abu-Khader M.M. Improving the prediction of the thermohydraulic performance of secondary surfaces and its application in heat recovery processes // Energy – 2022. – № 261. – С. 125-196.

6. Кирсанов В.В., Довлатов И.М., Комков И.В., Юрочка С.С. Современные подходы к системам обеспечения параметров воздуха в животноводческих помещениях // Техника и технологии в животноводстве – 2022 - № 4 (48). – С. 61-71.

7. Игнаткин, И.Ю. Оптимизация эффективности утилизации теплоты воздухо-воздушного рекуператора // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионально образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 1(83). – С. 34-39.

8. Павкин Д.Ю., Юрочка С.С., Хакимов А.Р., Довлатов И.М. Разработка интеллектуального алгоритма взвешивания молочных коров // Агротехника и энергообеспечение – 2022 - № 3(36). – С. 44-51.

9. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Ильясов И.Р., Зембеков Ю.С., Литвинова В.М. Разработка структурной схемы и алгоритма работы ультрафиолетовой светодиодной облучательной установки // Агротехника и энергообеспечение – 2017 - № 3(16). – С. 50-57.

Bibliography

1. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 622 dated 21.10.2020 "On approval of Veterinary rules for keeping cattle for the purpose of its reproduction, cultivation and sale".

2. Dovlatov I.M., Yurochka S.S. Development of an energy-efficient microclimate system for the loose maintenance of a dairy herd. Agricultural machines and technologies. 2021;15(3):73-80.

3. Voityuk M.M., Suraeva E.A. Collection "Standard design solutions for the modernization of livestock and poultry complexes and farms" – Moscow: FSBI "Rosinformagrotech", 2017. – 272 p.

4. Voznyak, O., Yurkevich, Y., Sukholova, I., Myroniuk, K. Mathematical Modeling of Air

Distribution in a Non-stationary Mode by Swirled-Compact Air Jets // Lecture Notes in Civil Engineering – 2023. – 290 LNCE, pp. 432-440.

5. García-Castillo J.L., Picón-Núñez M., Abu-Khader M.M. Improving the prediction of the thermohydraulic performance of secondary surfaces and its application in heat recovery processes // Energy – 2022. – No. 261. – pp. 125-196.

6. Kirsanov V.V., Dovlatov I.M., Komkov I.V., Yurochka S.S. Modern approaches to systems for ensuring air parameters in livestock premises // Equipment and technologies in animal husbandry – 2022 - № 4 (48). – Pp. 61-71.

7. Ignatkin, I.Y. Optimization of efficiency of utilization of air-air heat recuperator // Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". – 2018. – № 1(83). – Pp. 34-39.

8. Pavkin D.Y., Yurochka S.S., Khakimov A.R., Dovlatov I.M. Development of an intelligent algorithm for weighing dairy cows // Agrotechnics and energy supply – 2022 - № 3(36). – Pp. 44-51.

9. Kondrateva Nadezhda P., Bolshin Roman G., Krasnolutska Maria G., Ilyasov I.R., Zembekov Yury S., Litvinova Vera Mikhailovna Development of the block diagram and the algorithm of the uv led irradiator // Agrotechnics and energy supply – 2017 - № 3(16). – C. 50-57.

Довлатов Игорь Мамедяревич, канд. техн. наук, научный сотрудник, dovlatovim@mail.ru
Комков Илья Владимирович, магистр, специалист, Ilyakomkov10@yandex.ru

FUNCTIONAL MODEL AND SCHEME OF THE SYSTEM FOR PROVIDING INDOOR AIR PARAMETERS FOR KEEPING ANIMALS

Dovlatov I.M.[1], Komkov I.V.[1]

[1]FGBNU FNATS VIM

Abstract. The paper defines a high degree of influence of microclimatic indicators on the productivity of cattle, for the full realization of the genetic potential of animals. The analysis of the relevant scientific literature is carried out. The methods of influencing and controlling the parameters of the microclimate in the premises for maintenance are revealed. A functional model and a functional-structural model of the system for providing air parameters have been developed. The method of operation of the proposed system is described and its main parts and their functions are identified.

Keywords: system of providing parameters, microclimate, parameters, functional model, structural model

Dovlatov Igor Mamedyarevich, Ph.D. tech. Sci., Researcher, dovlatovim@mail.ru
Komkov Ilya Vladimirovich, specialist, komkovilya10@yandex.ru

УДК 631. 354

ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА

Алтухова Т.А., Алтухов С.В., С.Н. Шуханов С.Н.

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

Аннотация. *Перспективные разработки аграрной науки оказывают решающее влияние на уровень развития сельскохозяйственного производства. Одним из ключевых направлений развития в этом аспекте являются технические средства и технологии механизации агропромышленного комплекса. При возделывании зерновых культур важное место отводится послеуборочной обработке зерна. Разработка новых методов, а также перспективных технологий в процесс сушки зерна представляет собой ключевое средство улучшения эффективности функционирования зерносушильного оборудования. Выполнен обзор и анализ технических средств для сушки зерновой массы. В связи с распространением в аграрном секторе страны некрупных сельскохозяйственных предприятий становится актуальным использование установок для переработки небольших объёмов зерновых масс. Поэтому предложены наиболее перспективные варианты для развития аппаратов сушки зерна применительно к ним.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственное производство, обработка зерна, технические средства, сушка зерна.*

Введение. Перспективные разработки аграрной науки оказывают решающее влияние на уровень развития сельскохозяйственного производства [1-5]. Одним из ключевых направлений развития в этом аспекте являются технические средства и технологии механизации агропромышленного комплекса [6-10]. При возделывании зерновых культур важное место отводится послеуборочной обработке зерна [11]. Она включает в себя следующие операции: предварительная очистка, а также первичная очистка, кроме того, вторичная очистка, в том числе сушка и активное вентилирование. В процессе сушки зерно доводится до кондиционной влажности менее 14 %. Надлежащая подготовка зерна к хранению способствует ее надежной сохранности.

Материалы и методы исследования.

Осуществлен литературный обзор источников. Дана сравнительная характеристика различных технических для сушки зерновой массы, принципов их функционирования. Выявлены положительные и отрицательные стороны конструктивных элементов ряда установок. Осуществлен их анализ с целью определения перспективных направлений развития таких аппаратов.

Результаты и обсуждение.

Разработка новых методов, а также перспективных технологий в процесс сушки зерна представляет собой ключевое средство улучшения эффективности функционирования зерносушильного оборудования. Оно должно отвечать требованиям по качеству обработанного материала (сохранность зерновой массы, а также загрязненность элемнтами сгорания топлива зерносушильного оборудования, включая сбережение качественных характеристик зерновой массы); возможность сушки зерна широкого спектра влажности; применение сушильного оборудования для работы с различными видами зерновых культур;

лучшие технико-экономические, а также технико-технологические аспекты, относительно аналогов; минимально допустимая масса, в том числе габаритные размеры и достаточная прочность мобильных установок; простота, необходимая надежность и высокая безопасность сушильной аппаратуры; возможность автоматизации процесса управления для минимизации потерь и затрат на обработку теплом. Все перечисленные свойства являют собой требования модернизации сушильного оборудования [12].

Кроме того, эффективность процесса сушки обрабатываемого материала, в дополнение к перечисленным характеристикам коррелирует с режимами, а также способами и видами применяемых установок. Принципы технологии сушки, в контексте с объектом сушки, должны реализовывать наиболее подходящий метод, в том числе рациональный режим сушки для обеспечения необходимых показателей.

Технические средства для сушки зерна, используемые в агропромышленном комплексе, характеризуются большим разнообразием конструктивных особенностей и соответственно структурируются по целому ряду признаков. На рисунке проиллюстрирована структуризация установок для сушки зерна.

Установки структурируют по следующим признакам:

- по способу теплоподвода: конвективные, а также кондуктивные, радиационные, в том числе электрические, сорбционные, комбинированные;
- по типу теплоносителя: воздушные, включая газовые, газо-воздушные;
- по способу функционирования: периодического или непрерывного;
- по подвижности: стационарные или передвижные;
- по направлению перемещения зерна и теплоносителя: прямоточные, противоточные, а также с поперечным потоком, со смешанным потоком;
- по состоянию подвижности слоя зерна: малоподвижный плотный, разрыхленный пересыпающийся, псевдоожиженный (кипящий), в том числе взвешенный;
- по унификации: специализированные, а также универсальные;
- по выполняемой технологической схеме: рециркуляционные, прямоточные;
- по способу нагрева теплоносителя: с огневым тепловым генератором, в том числе с водным калорифером, с паровым калорифером, с электрическим нагревом;
- по конструктивному устройству рабочей камеры: шахтные, барабанные, а также камерные, лотковые, трубчатые, включая бункерные, конвейерные, стеллажные; платформенные и ленточные;
- по значению давления воздуха: вакуумные (101…900 Па); атмосферного давления (0,10 МПа); с повышенной величине давления (более 0,10 МПа); с высоким давлением (более 0,20 МПа); комбинированные [12].

Самое широкое применение имеют конвективные аппараты, в которых в качестве агента сушки служит нагретый воздух, а иногда смесь его с топочными газами.

Сушилки, создающие подвижный зерновой слой, нашли более широкое использование. По конструктивным особенностям они подразделяются на шахтные, а также барабанные или же вибрационные [12].

Стальной цилиндр (барабан) представляет собой основной конструктивный элемент барабанных зерносушилок. Во внутренней части цилиндра смонтированы лопасти и полочки. В процессе вращения барабан с помощью лопастей поднимает, а затем сбрасывает подаваемую в него зерновую массу. В ходе пересыпания с полочки на полочку, обрабатываемый материал подвергается сушке посредством нагретого агента и транспортируется вдоль барабана в направлении перемещения газового потока. Эти

зерносушилки, обычно, не предусматривают монтаж и размещаются на площадках. Их недостатки заключаются в высокой металлоемкости, низкой производительности, характеризуются большим расходом горючего.

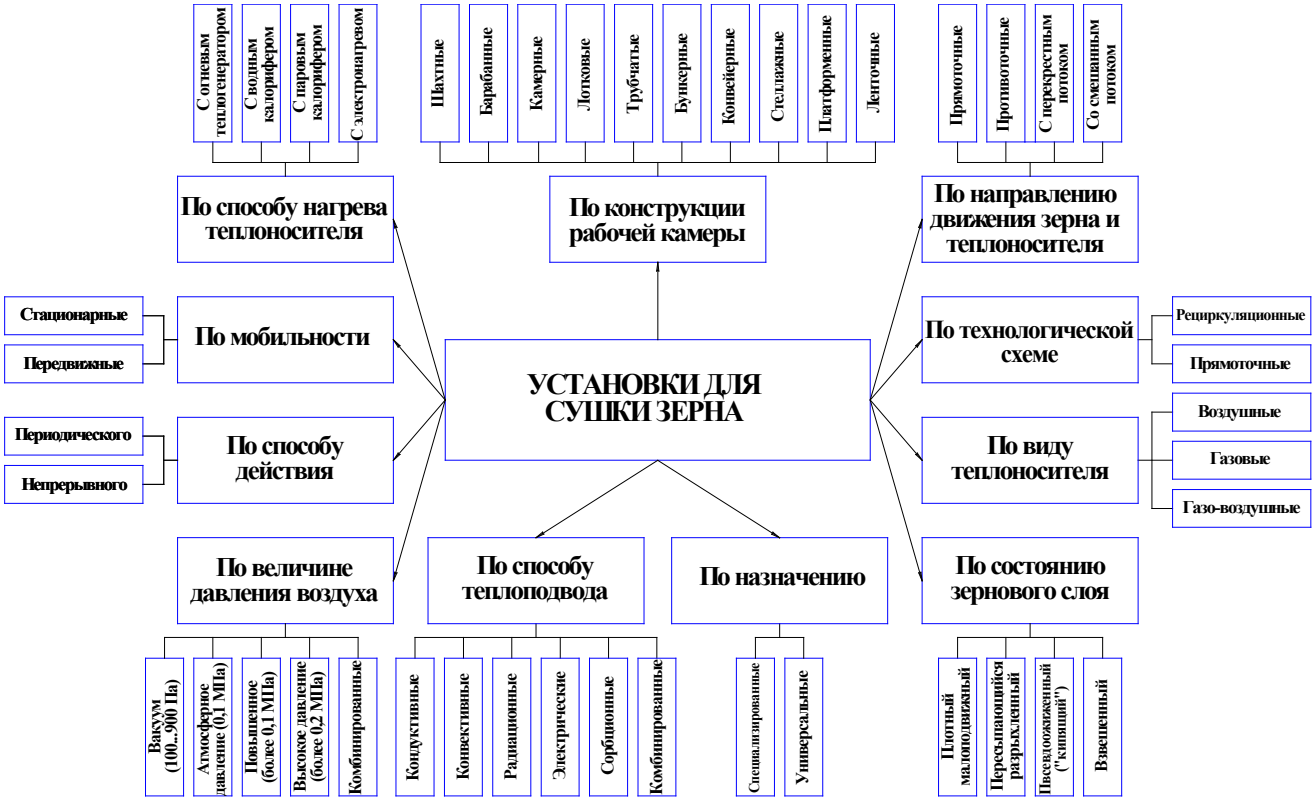


Рисунок 1 - Структуризация установок для сушки зерна

Особенностью конструкции шахтных сушилок (прямоточные, а также рециркуляционные) являются шахты с установленными внутри них коробами в шахматном порядке. Зерновая масса за счет своего веса перемещается сверху вниз, тогда как агент сушки - в поперечном, а также вертикальном направлениях. Шахтные зерносушилки по сравнению с барабанными предполагают более скрупулезную очистку обрабатываемой зерновой массы от различных примесей.

Пневмогазовые рециркуляционные сушильные аппараты включают в себя трубу, в полость которой со значительной скоростью посредством вентилятора нагнетается агент сушки, в нижнюю зону трубы-сушилки поступает влажное зерно. Газовый поток в считанные секунды доводит температуру обрабатываемого материала до необходимого значения затем зерно подается в шахту. В верхней зоне шахты зерно отстаивается на заданный период времени. В нижней зоне шахты с помощью вертикальной перегородки образованы две части. Из правой части охлаждения обрабатываемый материал вновь направляется (рециркулирует) в трубу-сушилку, совмещается с влажным зерном, после чего зерновая масса поступает в шахту на выдержку, а также охлаждение. Из левой части обработанное сухое зерно подается наружу.

Конвейерные сушильные аппараты состоят из конвейерной камеры, во внутренней части которых смонтированы конвейеры, оборудованные вентиляционным устройством. Сушка зерна в них реализуется чистым, а также нагретым в паровых или огневых калориферах воздухом, значение температуры которого коррелирует с видом высушиваемого материала, в том числе влажности.

Из выполненного анализа аппаратов механизации процесса сушки зерна, явствует, что

существующие технические средства, применяющие тот или иной способ сушки, имеют, например, такие недостатки как высокая металлоемкость, повышенный расход горючего - барабанные зерносушилки, предполагают скрупулезную очистку обрабатываемой зерновой массы от различных примесей – шахтные зерносушилки.

Кроме того, описанные выше технические средства для сушки зерна, предусмотрены на высокую производительность, до 100 тыс. тонн обрабатываемого материала в час. В настоящее время всё актуальнее становится разработка зерносушильных установок меньшей пропускной способности, отвечающим потребностям отдельного сельскохозяйственного предприятия [13].

Вывод. Перспективными, а также экономичными представляют собой аппараты, использующие контактный способа обработки зерновой массы по причине того, что:

- коэффициент теплопередачи от твердой поверхности к зерну многократно больше коэффициента теплообмена между газом и материалом;

- в миниустановках значительно проще реализовать постоянство температурного поля, а также достижения точного значения температуры поверхностей при эксплуатации электронагреваемых теплоотдающих элементов;

- установки с контактным электронагревом существенно экологичнее в связи с тем, что не образуют в процессе функционирования топочных газов.

Список используемых источников:

1.Хабардин В.Н., Степанов Н.В., Чубарева М.В. Особенности использования машин в сельском хозяйстве как факторы развития их технического обслуживания // Вестник ИрГСХА. 2009. №36. С. 129-137. URL: eLIBRARY ID: 14871830 EDN: MNLLMP

2. Асалханов П.Г., Иваньо Я.М., Полковская М.Н. Оценка и прогноз агротехнологических параметров для моделирования производства продукции растениеводства в регионе // Вестник ИрГСХА. 2013. № 57-3. С. 116-125. URL: eLIBRARY ID: 20505846 EDN: RGSYXV

3. Хабардин В.Н., Чубарева М.В., Шелкунова Н.О., Луговнин С.С., Горбунова Т.Л. Новые сливные устройства для технического обслуживания машин, методика и результаты их экспериментального исследования // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 70-72. URL: eLIBRARY ID: 20310408 EDN: RCLTVJ

4.Бузунова М.Ю. Влияние механоактивации на энергетические показатели зерновых // Вестник ИрГСХА. 2022. № 113. С.23-32. URL: eLIBRARY ID: 49989246 EDN: CIATPE

5.Поляков Г.Н. и др. Оптимизация режимов обмолота хлебной массы на стационаре // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 11. С. 40-42. URL: eLIBRARY ID: 23775843 EDN: UAHLQZ

6. Болоев П.А., Поляков Г.Н. и др. Оценка глубины заделки семян зерновых культур посевными комплексами // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1 (13). С. 45-50. URL: eLIBRARY ID: 25657890 EDN: VPMGPF

7. Болоев П.А. и др. Разработка ресурсосберегающих технологий эксплуатации и диагностики транспортных машин в условиях Восточной Сибири // Иркутск, 2016., 151 с. URL: eLIBRARY ID: 42858981 EDN: LUBDEE

8. Алтухов С.В., Анализ гидродинамических характеристик распылителей форсунок ДВС // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 3. С. 3-6. URL: eLIBRARY ID:

35196979 EDN: XSEMHR

9. Ряднов А.И., Федорова О.А., Мамахай А.К. Совершенствование конструкции измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник НГИЭИ. 2021. № 3 (118). С. 40-51. URL: eLIBRARY ID: 44892847 EDN: HGMOXC DOI: 10.24412/2227-9407-2021-3-40-51

10. Бураев М.К., Шистеев А.В., Бураева Г.М., Аносова А.И. Проблемы технического сервиса агропромышленного комплекса Байкальского региона // Вестник ВСГУТУ. 2022. № 3 (86). С. 56-62. URL: eLIBRARY ID: 49461043 EDN: OSHUNZ DOI: 10.53980/24131997_2022_3_56

11.Алтухова Т.А. и др. Модернизация сушилки зернистых материалов // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т.89 №2. С. 149-153. URL: eLIBRARY ID: 50328329 EDN: WDKQWT DOI: 10.17816/0321-4443-100577

12. Жидко В.И. и др. Зерносушение и зерносушилки: учебное пособие. М.: Колос, 1982. 239 с.

13. Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Карпенко Г.В. Влияние параметров воздушной среды на энергозатраты в зерносушилках контактного типа // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. - №1 (29). – С.114-119. URL: eLIBRARY ID: 23887738 EDN: UCTCXN

Bibliography

1. Khabardin V.N., Stepanov N.V., Chubareva M.V. Features of the use of machines in agriculture as factors of the development of their maintenance // Bulletin of the IrGSHA. 2009. No.36. pp. 129-137. eLIBRARY ID: 50328329 EDN: WDKQWT DOI: 10.17816/0321-4443-100577

2. Asalkhanov P.G., Ivano Ya.M., Polkovskaya M.N. Assessment and forecast of agrotechnological parameters for modeling crop production in the region // Bulletin of the IrGSHA. 2013. No. 57-3. pp. 116-125. URL: eLIBRARY ID: 20505846 EDN: RGSYXV

3. Khabardin V.N., Chubareva M.V., Shelkunova N.O., Lugovnin S.S., Gorbunova T.L. New drain devices for machine maintenance, methods and results of their experimental study // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2013. No. 9. pp. 70-72. URL: eLIBRARY ID: 20310408 EDN: RCLTVJ

4.Buzunova M.Yu. The influence of mechanical activation on the energy indicators of cereals // Bulletin of the IrGSHA. 2022. No. 113. pp.23-32. URL: eLIBRARY ID: 49989246 EDN: CIATPE

5. Polyakov G.N. et al. Optimization of modes of threshing of grain mass at the hospital // Tractors and agricultural machines. 2014. No. 11. pp. 40-42. URL: eLIBRARY ID: 23775843 EDN: UAHLQZ

6. Boloev P.A., Polyakov G.N. et al. Assessment of the depth of seeding of grain crops by sowing complexes // Perm Agrarian Bulletin. 2016. No. 1 (13). pp. 45-50. URL: eLIBRARY ID: 25657890 EDN: VPMGPF

7. Boloev P.A. et al. Development of resource-saving technologies for operation and diagnostics of transport vehicles in the conditions of Eastern Siberia // Irkutsk, 2016., 151 p. URL: eLIBRARY ID: 42858981 EDN: LUBDEE

8. Altukhov S.V., Analysis of hydrodynamic characteristics of atomizers of injectors of internal combustion engines // Tractors and agricultural machines. 2018. No. 3. pp. 3-6. URL: eLIBRARY ID: 35196979 EDN: XSEMHR

9. Ryadnov A.I., Fedorova O.A., Mamakhai A.K. Improving the design of the shredder of

root crops // Vestnik NGIEI. 2021. No. 3 (118). pp. 40-51. URL: eLIBRARY ID: 44892847 EDN: HGMOXC DOI: 10.24412/2227-9407-2021-3-40-51

10. Buraev M.K., Shisteev A.V., Buraeva G.M., Anosova A.I. Problems of technical service of the agro-industrial complex of the Baikal region // Bulletin of VSGUTU. 2022. No. 3 (86). pp. 56-62. URL: eLIBRARY ID: 49461043 EDN: OSHUNZ DOI: 10.53980/24131997_2022_3_56

11.Altukhova T.A. et al. Modernization of the dryer of granular materials // Tractors and agricultural machines. 2022. Vol.89 No.2. pp. 149-153. URL: eLIBRARY ID: 50328329 EDN: WDKQWT DOI: 10.17816/0321-4443-100577

12. Zhidko V.I. et al. Grain drying and grain dryers: textbook. M.: Kolos, 1982. 239 p.

13. Kurdyumov V.I., Pavlushin A.A., Karpenko G.V. Influence of air parameters on energy consumption in contact-type grain dryers // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2015. - No. 1 (29). - P.114-119. URL: eLIBRARY ID: 23887738 EDN: UCTCXN

Алтухова Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, altukhova@bk.ru
Россия, Иркутск, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского
Алтухов СергейВячеславович, кандидат технических наук, доцент, sergeialtuhov@bk.ru
Россия, Иркутск, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского
Шуханов Станислав Николаевич, доктор технических наук, профессор, Shuhanov56@mail.ru
Россия, Иркутск, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

REVIEW AND ANALYSIS OF TECHNICAL MEANS FOR GRAIN DRYING

Altukhova Tatyana Anatolyevna, Altukhov Sergey Vyacheslavovich, Shukhanov Stanislav Nikolaevich
Russia, Irkutsk, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky

Abstract. Promising developments in agricultural science have a decisive impact on the level of development of agricultural production. One of the key areas of development in this aspect is the technical means and technologies of mechanization of the agro-industrial complex. The important place is given to post-harvest processing of grain during cultivating grain crops. The development of new methods, as well as promising technologies in the grain drying process, is a key means of improving the efficiency of grain drying equipment. A review and analysis of technical means for drying grain mass has been carried out. In connection with the spread of small-scale agricultural enterprises in the agricultural sector of the country, the use of installations for processing small volumes of grain masses becomes relevant. Therefore, the most promising options for the development of grain drying apparatuses in relation to them are proposed.

Key words: agricultural production, grain processing, technical means, grain drying.

Russia, Irkutsk, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky
Sergey V. Altukhov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, sergeialtuhov@bk.ru
Russia, Irkutsk, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky
Shukhanov Stanislav Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Shuhanov56@mail.ru
Russia, Irkutsk, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky

УДК 621.316.13: 621.3.027.2:621.3.022

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПАРОМ ХЛОРПРОФАМА И РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Андреев С.А., Шишкова С.Г.

ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева»

Аннотация. *В работе проводится исследование мер и приемов, обеспечивающих относительно высокую сохранность картофеля. Важнейшими для сохранности картофеля являются активная вентиляция и создание оптимального температурного режима, но технологическое оборудование дорогостоящее* [4]. *Анализ современных литературных данных, а также результаты рекогносцировочных экспериментов позволили сделать вывод, что существенное повышение сохранности картофеля при одновременном снижении энергозатрат может быть достигнуто посредством предварительной обработкой семенных клубней парами хлорпрофама при помощи аппарата AIROFOG* [2]. *Для решения задач исследования применяются методы литературного и статистического анализа, математического моделирования, инженерного эксперимента, методы технико-экономического обоснования. Целью исследования является повышение сохранности клубней картофеля при их хранении за счёт обработки клубней картофеля парами хлорпрофама и разработка установки для его осуществления в картофелехранилище. Практической значимостью эксперимента является повышение безопасности сотрудников, качество сохранности картофеля и дозревания в клубнях.*

Ключевые слова*: пары хлорпрофама, аппарат AIROFOG, ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», обработка картофеля, хранение картофеля*

Введение. Важной задачей современного сельского хозяйства является надежное сохранение произведенной продукции. В первую очередь к таким продуктам относится картофель, годовое производство которого в РФ достигает 40 миллионов тонн. [4]

Быстрый рост производства и потребления плодов и овощей в России и членах ЕАС требует решения актуальной проблемы – разработки и практически осуществления мероприятий по сохранению урожая и доведению его до потребителя с минимальными потерями [1].

Качественное хранение картофеля остается важным технологическим процессом на пути достижения надежного обеспечения населения растениеводческой продукцией. Причиной проблем при хранении картофеля являются разнообразные микроорганизмы, бактерии, споры грибов и плесени, которые вызывают процессы гниения и дозревания в клубнях и значительно сокращают срок хранения.

На сегодняшний день известен ряд мер и приемов, обеспечивающих относительно высокую сохранность картофеля. Важнейшими из них являются активная вентиляция и создание оптимального температурного режима. [3] К сожалению, обе операции являются энергоемкими и требуют дорогостоящего технологического оборудования.

С учетом вышеизложенного становится очевидным целесообразность исследования процесса обработки клубней картофеля паром хлорпрофама и разработка установки для его

осуществления.

Цель исследования заключается в повышении сохранности клубней картофеля при их хранении за счёт обработки клубней картофеля парами хлорпрофама и разработка установки для его осуществления в картофелехранилище.

Материалы и методы. Для решения задач исследования применяются методы литературного и статистического анализа, математического моделирования, инженерного эксперимента, методы технико-экономического обоснования.

Результаты и обсуждение.

Практическая значимость эксперимента заключается в том, что реализация предложенного способа подачи газа на продукцию (картофеля), позволит повысить безопасность сотрудников, качество сохранности картофеля и дозревания в клубнях.

Процесс хранения семенного картофеля занимает около 9 месяцев. В это время в клубнях происходят биохимические преобразования и поэтому, некоторые сорта картофеля начинают прорастать уже в январе-феврале. Хранение картофеля можно разбить на этапы:

– 1 этап хранения начинается сразу после сбора урожая и длится от 7 до 12 дней, температура периода 15 – 17 °С.

– 2 этап – это так называемый «лечебный период». Температура периода 12-18 °С, вентилирование, ведется 6 раз в сутки по 30 мин. с равномерными интервалами, влажность воздуха обеспечивается в пределах 90-95%.

– 3 этап (период охлаждения) - начинается перед закладкой клубней на длительное хранение. Снижение температуры хранения производится постепенно в течение 20 суток на 0,5 - 1 °С в сутки и доводят ее до 3 °С.

– 4 этап - основной период хранения. Чтобы не допустить прорастания клубней температура по ГОСТу должна быть 2 - 3^0С, влажность воздуха в пределах 80 – 85%. , концентрация углекислого газа 0,5%.

– 5 этап начинают выемку картофеля. Температура воздуха в хранилище повышается до t = 12°С. Это делается постепенно на один градус в сутки, чтобы не допустить образование конденсата, влаги или гниения [1].

График температуры хранения картофеля (рис 1).

Наиболее сложным для сохранения качественных характеристик картофеля является весенне-летний период. Так, при неправильном температурном режиме клубни могут прорастать, а при последующей механизированной посадке происходит обламывание ростков, что снижает урожайность на 15-30%.[6]

Результат хранения зависит от многих факторов: сорта, технологий и условий выращивания, уборки и послеуборочной доработки клубней, т.е. от исходного качества клубней, способа хранения и конструкции хранилища

Однако, учитывая, что клубни картофеля являются благоприятной средой для развития микроорганизмов, основную опасность при хранении представляет возможное распространение болезней: фузариоза, фимоза, розовой гнили, фитофтороза и особенно мокрых бактериальных и смешанных гнилей. По этим причинам отдельные партии картофеля могут быть потеряны практически полностью.

Скороспелость сорта картофеля не является определяющим критерием для оценки его как объекта хранения. Одинаковую лежкоспособность могут иметь как раннеспелые, так и позднеспелые сорта, поэтому необходимо учитывать именно сортовые характеристики. Однако, позднеспелые формы имеют преимущество за счет более поздней уборки и,

следовательно, сдвигается срок хранения на более поздний, что особенно важно при отсутствии возможности искусственного охлаждения клубней.

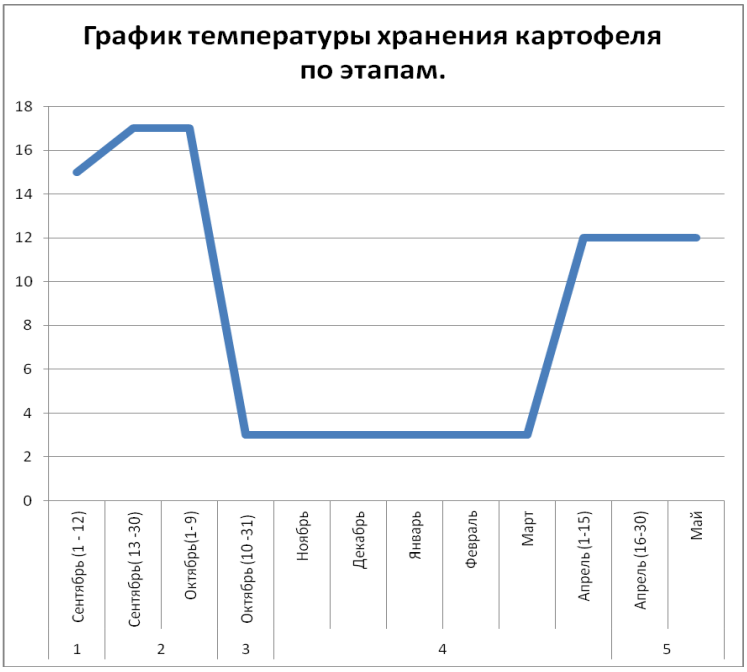


Рисунок 1

Также необходимо учитывать, что клубни раннеспелых сортов при хранении быстрее теряют свои вкусовые качества. [4]

Изучением экологически безопасных регуляторов роста, способных обеспечить увеличение урожайности картофеля в последействии занимается ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» Он является одним из основных научно-исследовательских институтов, в задачи которого входят изучение прогрессивных технологий возделывания картофеля.

Сам институт находится в поселке Коренёво Московской области. На его базе проводятся различные опыты по выращиванию и хранению корнеплодов.

Сотрудниками научного коллектива ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» проводились эксперименты по выращиванию картофеля с предварительной обработкой семенных клубней парами хлорпрофама при помощи аппарата AIROFOG (рис.2).



Рисунок 2 - Аппарат горячего тумана AIROFOG

Были исследованы вопросы обеспечения безопасности при работе с препаратом и

проводится дальнейшие исследования по влиянию хлорпрофама на качество сохраняемого материала (картофеля). Исследования продолжаются по настоящее время. [2]

В ходе работ для безопасности работников было предложено применить автоматизированную подачу препарата. Для этого необходимо предусмотреть и разработать автоматическую систему подачи хлопрофама на продукцию.

Практическая значимость эксперимента заключается в том, что реализация предложенного способа подачи газа на продукцию (картофеля), позволит повысить безопасность сотрудников, качество сохранности картофеля и дозревания в клубнях.

Заключение. Результаты предварительных исследований, анализ современных литературных данных, позволили сделать вывод, что выбор технологического оборудования и технических средств для автоматической обработки клубней картофеля паром хлорпрофама (выбор аппарата AIROFOG) и разработка автоматизированной установки для его осуществления обусловлен производственной необходимостью и рыночными отношениями в стране. Это позволит существенно повысить сохранность продукции при одновременном снижении энергозатрат и обеспечит лучшую.

Список используемых источников:

1. НТП-АПК 1.10.12.001-02 Нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции – Москва., 2002г. - 51 с.

2. «Способ хранения картофеля» Патент номер 2403701. Авторы патента: Черников Владимир Иванович (RU), Чулков Борис Анатольевич (RU), Старовойтов Виктор Иванович (RU), Пшеченков Константин Александрович (RU), Старовойтова Оксана Анатольевна (RU) 2012-2022

3. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления : учебник для прикладного бакалавриата / И. Ф. Бородин, С. А. Андреев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 386 с. — (Серия : Бакалавр. Прикладной курс).

4. «Технологии хранения картофеля различного назначения»/ Константин Пшеченков, д.т.н., профессор, Станислав Мальцев, к.с.-х.н., ВНИИКХ Объемный обзорный материал от ВНИИКХ им. Лорха Журнал АгроБеларусь Дата публикации: 16.08.2012

5. Норенков И.П. Системы автоматизированного проектирования. Книга 1: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1996.

6. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции (ОНТП 6-88)

7. Свод правил «Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции». Москва 2011 г.

References

1. NTP-APK 1.10.12.001-02 Norms of technological design of enterprises for the storage and processing of potatoes and fruit and vegetable products – Moscow, 2002 - 51 p.

2. "Potato storage method" Patent number 2403701. Patent authors: Chernikov Vladimir Ivanovich (RU), Chulkov Boris Anatolyevich (RU), Starovoitov Viktor Ivanovich (RU), Pshechenkov Konstantin Aleksandrovich (RU), Starovoitova Oksana Anatolyevna (RU) 2012-2022.

3. Automation of technological processes and automatic control systems : textbook for applied bachelor's degree / I. F. Borodin, S. A. Andreev. — 2nd ed., ispr. and add. - M. : Yurayt Publishing House, 2018. — 386 p. — (Series : Bachelor. Applied course).

4. "Potato storage technologies for various purposes"/ Konstantin Pshechenkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Stanislav Maltsev, Candidate of Agricultural Sciences, Voluminous review material from the Russian Potato Research Centre Journal Agrobelarus Publication date: 08/16/2012.

Андреев С.А., Шишкова С.Г.
ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева»

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF PROCESSING POTATO TUBERS WITH CHLORPROFAM STEAM AND DEVELOPMENT OF AN INSTALLATION FOR ITS IMPLEMENTATION

Andreev S.A, Shishkova S.G.

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Abstraction. The study of measures and techniques that ensure a relatively high preservation of potatoes is performed. The most important for the preservation of potatoes are active ventilation and the creation of an optimal temperature regime, but the technological equipment is expensive. The analysis of modern literature data, as well as the results of reconnaissance experiments, allowes to conclude that a significant increase in the safety of potatoes while reducing energy consumption can be achieved by pretreatment of seed tubers with chlorprofam vapors using device AIROFOG [2]. Methods of literary and statistical analysis, mathematical modeling, engineering experiment, methods of feasibility study are used to solve research problems. The aim of the study is to increase the safety of potato tubers during their storage by treating potato tubers with chlorprofam vapors and developing an installation for its implementation in a potato storage facility.

Keywords: chlorprofam vapors, AIROFOG, Russian Potato Research Centre.

Andreev S.A, Shishkova S.G.
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

УДК 621.316.13: 621.3.027.2:621.3.022

ОБЗОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕПЛИЦЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОЗЕЛЕНИ

Гречиха А.С.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Автоматизация микроклимата в теплице позволяет существенно улучшить условия для растений и повысить их урожайность. Для этого можно использовать различные сенсоры, контроллеры и устройства автоматики, которые будут регулировать температуру, влажность, освещение и другие параметры в теплице. Целью работы является обзор систем управления микроклиматом автоматизированной теплицы для выращивания микрозелени. В статье приведены две автоматизированных системы управления- ОВЕН и wirenboard. Рассмотрены реальные примеры использования данных девайсов в России и Белоруссии. Эти устройства позволяют оптимизировать затраты энергии и ресурсов, а также увеличить уровень урожайности и качества продукции. Так же произведен экономический анализ данных систем.*

Ключевые слова: *теплица, сельское хозяйство, автоматика, микрозелень.*

Введение. Тепличные конструкции давно и прочно вошли в обиход сельскохозяйственных предприятий. В условиях сложного российского климата это единственный способ обеспечить круглогодичную поставку свежих овощей, цветов и зелени.

Жизнедеятельность растений напрямую связана с температурным режимом, влажностью, освещенностью и другими факторами. Малейшие отклонения в окружающей среде негативно сказываются на темпах роста и урожайности. Соблюдение строгих тепличных условий – кропотливый и трудоемкий процесс, который нуждается в постоянном контроле.

Преимущество автоматизации теплиц заключается в минимальном человеческом участии в производстве продукции, а так же в возможном удаленном управлении микроклиматом при использовании систем автоматизации.

Современная фермерская теплица или большой тепличный комплекс – это конструкция с покрытием из стекла, пленки или поликарбоната. Для согласованной работы оборудования в теплицах устанавливаются локальные системы управления:

- вентиляцией – форточная или приточно-вытяжная;
- отоплением – водяное, воздушное или другое;
- зашториванием – горизонтальное и вертикальное; 5 видов: энергосберегающие, затеняющие, комбинированные, затемняющие, световозвращающие;
- СИОД – система испарительного охлаждения и доувлажнения для снижения температуры воздуха на 5-10 °С и создания необходимой влажности в теплице;
- искусственным ассимиляционным освещением для увеличения продолжительности светового дня в теплице;
- подачей CO2 для увеличения урожайности до 30 % при прочих равных условиях.

Система полива – самая обширная в плане управления технологическим оборудованием – может включать:

- растворный узел для смешивания маточных растворов удобрений с водой и подачи в магистраль полива;
- гравийный фильтр для предварительной подготовки воды;
- теплообменник для подогрева воды;
- систему подготовки воды ОСМОС;
- магистраль капельную, оросительную или прилив-отлив;
- накопительные емкости для подготовленной воды, сбора грязного и чистого дренажа;
- дезинфектор дренажа – термический или ультрафиолетовый.

При большом количестве тепличного оборудования невозможно обойтись без автоматизации. Автоматизация открывает новые возможности для тепличного хозяйства, обеспечивая высокий уровень рентабельности производства. Системы автоматизированного контроля климата поддерживают необходимый температурно-влажностный режим, диагностируют техническое состояние оборудования, позволяют экономно расходовать воду, тепло и энергоресурсы.

Функциональные возможности АСУ теплицы:

- автоматическое управление режимами работы инженерных систем;
- поддержание заданных параметров микроклимата;
- отображение необходимой информации на экране контроллера, монитора или мобильного устройства;
- контроль и диагностика состояния исполнительного оборудования;
- удаленное управление в личном кабинете;
- своевременное оповещение персонала о нештатных ситуациях.

Систему АСУ теплицы образуют следующие компоненты:

- первичные преобразователи температуры, влажности, уровня CO2,скорости и направления ветра, солнечной радиации, освещенности, давления, уровня и др.;
- сигнализаторы достижения предельных значений;
- блоки питания, коммутирующее и защитное оборудование, органы ручного управления;
- панели оператора;
- программируемые контроллеры.

В системах управления микроклиматом теплиц первичные преобразователи служат для контроля внешних и внутренних показателей среды, таких как температура, влажность, осадки, скорость и направление ветра, освещенность и других. Преобразователи снимают показания и передают сигналы на контроллер, с которого управляющие сигналы поступают на исполнительные механизмы.

Датчики, установленные в теплице, служат для достоверной оценки условий микроклимата в режиме реального времени. Если температура опускается ниже установленного предела, система закрывает фрамуги для предотвращения поступления холодного воздуха. Если этого недостаточно, то вводит в действие обогрев. Таким образом, все действия автоматики направлены на предотвращение губительных последствий для растений.

Не менее важен контроль внешних показателей среды. Поэтому в большинстве проектов используется метеостанция с комплектом датчиков для измерения температуры и влажности воздуха, скорости и направления ветра, освещенности или датчик солнечной радиации, осадков. Основная функция метеостанции – это защита конструкции теплицы и растений от внешних факторов, а, следовательно, и капиталовложений инвестора.

Метеостанция крепится на мачту на высоте 2 – 2,5 метра над верхней точкой теплицы. При превышении допустимых показателей, поступающих с датчиков скорости и направления ветра, контроллер сигнализирует о закрытии вентиляционных фрамуг. Это предотвращает их повреждение от порывов ветра. Датчик осадков дождя и снега служит для предотвращения попадания осадков внутрь теплицы, что достигается регулировкой степени закрытия вентиляционных фрамуг.

Помимо конструктивных особенностей, в тепличном хозяйстве необходимо учитывать технологические параметры, например, такие как количество углекислого газа, поскольку недостаток CO2 является важным фактором, ограничивающим рост и развитие растений. В грунтовых теплицах при недостаточном воздухообмене содержание углекислого газа может упасть настолько, что фотосинтез практически прекращается. Для контроля количества углекислого газа устанавливаются специальные датчики.

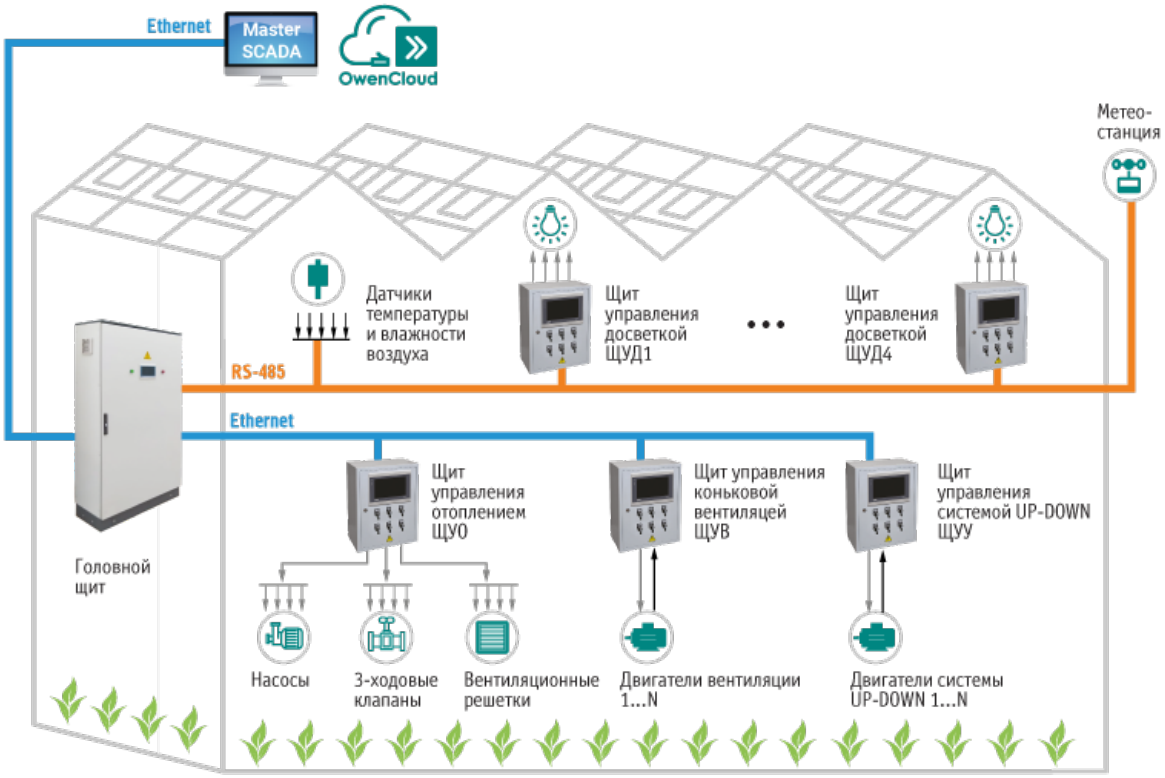


Рисунок 1- Структурная схема автоматизации теплицы

Система ОВЕН. Рассмотрим реальный объект автоматизации Компания СИН-Автоматика автоматизировала теплицу, которая находится в республике Башкортостан, недалеко от города Туймазы. [1] Теплица с круглогодичным циклом выращивания размером 160×100×6,5 метра занимает 1,6 Га. Теплица оборудована 21 форточкой (длиной 70 м) с электроприводом. Для рециркуляции воздуха применяются 36 вентиляторов.

Для поддержания температуры в холодное время теплица оснащена двумя котлами по 2,5 МВт. Тепло, вырабатываемое котлами, распределяется по 16 контурам отопления. На

случай аварийной остановки котла предусмотрено резервное отопление 28 воздушными теплогенераторами FARM200.

Теплица покрыта двумя слоями качественной светостабилизированной пленки. Для улучшения тепловых характеристик и повышения снеговой и ветровой устойчивости в межпленочное пространство с помощью 21 насоса наддува, разделенных на две группы, закачивается теплый воздух.

Для досветки растений установлены 44 группы светильников, всего 3900 штук мощностью 600 Вт каждый.

Для управления инженерным оборудованием укомплектованы, смонтированы и запущены в эксплуатацию два щита с панельными контроллерами ОВЕН СПК107 [4] . Контроллер ведет архив, который можно перенести на флешку для удобной работы с данными.

Система автоматики оснащена оборудованием ОВЕН:

- модуль дискретного ввода МВ110 – 14 шт.;
- модуль дискретного вывода МУ110 – 6 шт.;
- модуль аналогового ввода МВ110 – 1 шт.;
- блок питания БП120Б – 4 шт.;
- датчик влажности и температуры воздуха
- ПВТ10 – 21 шт.;
- датчик концентрации углекислого газа
- ПКГ100-Н4.СО2 – 5 шт.

В общей сложности каждый щит насчитывает 224 дискретных входа и 96 дискретных выходов типа реле. Входы и выходы системы сформированы модулями ввода/вывода Мх110. Кроме этого, на базе модуля МВ110 собрана метеостанция с комплектом датчиков температуры, влажности, скорости и направления ветра, освещенности и осадков с выходным сигналом 4…20 мА. Система получает данные с внешней метеостанции, что позволяет предотвратить повреждение форточек от ветра и попадание осадков внутрь теплицы. В теплице установлены датчики влажности и температуры ПВТ10 и концентрации углекислого газа ПКГ100-Н4.СО2.

САУ теплицы может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. Система подключена к сервису OwenCloud для удаленной корректировки параметров. Данные хранятся на сервисе OwenCloud три месяца.

Помимо основной задачи – поддержание оптимального микроклимата, САУ обеспечивает контроль возможных нештатных ситуаций и неисправностей оборудования, в том числе отключение питания, отключение автоматов защиты, срабатывание тепловых реле, выход температуры за допустимые пределы, потерю связи с датчиками или модулями и др. Получив аварийный сигнал, САУ оперативно оповестит персонал о всех нештатных ситуациях на объекте.

Уведомление об аварийных ситуациях дублируется по нескольким каналам: аварийная сирена в самой теплице с выводом информации на панель оператора, рассылка уведомлений на электронные адреса ответственных работников, вывод информации на компьютер оператора. Своевременное извещение о нештатной ситуации позволяет вовремя принять меры и избежать выхода из строя оборудования, гибели урожая, а, следовательно, и потерь бизнеса.

Для контроля и управления тепличным оборудованием используется диспетчерский

пункт со SCADA-системой. Для менее масштабных объектов целесообразнее организовать мониторинг и управление в облачном сервисе OwenCloud, связь с которым обеспечивается через Ethernet или по беспроводной связи стандарта GSM или Wi-Fi. В мобильном приложении OwenCloud на устройствах, подключенных к Интернету, можно контролировать состояние объекта в любой части земного шара.

Контроллеры ОВЕН давно используются на Российском рынке. Более бюджетный вариант может предложить компания wirenboard [2], продукты которой ранее использовались исключительно в промышленной отросли, но в последние года стала выпускать контроллеры для систем «умных домов» и «умных теплиц».

Система wirenboard. С помощью данного контроллера был автоматизирован биотехнологический комплекс РУП "Институт овощеводства" под Минском, где выращивают салат, базилик, лук, перец, огурцы, голубику и картофель, и где реализовано несколько проектов автоматизации [3].

На данной площадке была поставлена задача мониторинга всех важных параметров и автоматизации полива и освещения, так как они существенно влияют на урожайность. За остальными параметрами оператор будет следить удалённо и принимать меры, если значения вышли за рамки допустимых.

Первым шагом была автоматизация освещения.

В освещении стеллажных систем и теплиц есть разница. В теплицы солнечный свет проникает, поэтому днем имеет смысл учитывать естественную освещенность, чтобы снижать яркость ламп и энергопотребление. Но конкретно эта система планировалась как стеллажная. Она будет полностью закрыта от солнечного света, поэтому здесь достаточно простых сценариев включения ламп по расписанию.

Но длительность этапов и требуемая мощность отличаются для разных культур. Сценарий солнечного освещения планировали реализовать на Home Assistant [5]или OpenHAB. Но в итоге с помощью техподдержки Wiren Board всё написали на встроенном JavaScript-подобном движке правил. После этого начали тесты на стеллажных системах.



Рисунок 2-Тесты работы сценарного света на стеллажных системах

Следующий этап – автоматизация полива. Полив должен осуществляться не только днём, но и ночью по установленному времени, которое определяет агроном. В среднем оптимальный режим для растений – 10-15 поливов в сутки, то есть раз в несколько часов длительностью несколько минут. Время полива может меняться в зависимости от влажности и насыщенности почвы.

Сделать полив по расписанию просто. Достаточно в нужное время замыкать контакт модуля реле, который включает насос. И через заданное время полива размыкать.

Следующая итерация – мониторинг влажности почвы и полив при определённых параметрах. Были закуплены китайские датчики почвы с определением содержания солей (на внутреннем рынке таких датчиков нет). Но пришло немного не то, что заказывали: вместо датчиков с выходом RS-485 пришли устройства с выходом 0-10 В.

Экономический анализ систем управления.

Таблица 1 - Экономический анализ систем управления

Устройство	ОВЕН	**Цена,**	**wirenboard**	**Цена, руб.**
Потолок кассетный стальной с круглыми отверстиями	ПЛК100/150/154 контроллеры для малых систем с AI/DI/DO/AO	**31 620**	**Контроллер для автоматизации Wiren Board 7**	**19 400**
Модули ввода/вывода	Модули дискретного ввода/вывода (Ethernet) МК210	**15180**	Модули дискретного ввода/вывода (Ethernet) МК210	**2 500**
Измерители параметров электрической сети	Измерители параметров электрической сети	16682	**Измеритель параметров электрической сети WB-MAP12E**	**11800**

Заключение. С развитием научно-технического прогресса, готовые проекты умных теплиц быстро устаревают. Поэтому при выборе автоматики для искусственного выращивания овощей и фруктов необходимо опираться на новейшие технологии и оборудование.

Система ОВЕН. Имеет сертификат поверки в лаборатории, где указана точность измерения по параметрам. Благодаря этому может использоваться там, где нужно поддержание климатических параметров с известной точностью, имеет большое внутреннее пространство для удобной разделки и подключения кабелей , удобный монтаж и подключение.

WirenBoard . До 2022 года не имел никаких поверок и документов, где сказаны погрешности измерений, нет места для разделки и подключения кабелей шлейфом, сложно программировать, но одновременно с этим есть возможность отойти от стандартного подхода. Экономически более выгодный.

Список использованных источников:

1 Автоматизация для тепличного бизнеса [Электронный ресурс] Режим доступа: https://aip.com.ru/article/automation_greenhouse_business (Дата обращения 17.04.2023)

2 wirenboard [Электронный ресурс] Режим доступа: https://wirenboard.com/ru/ (Дата обращения 17.04.2023)

3 Автоматизируем теплицу на Linux [Электронный ресурс] Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/wirenboard/articles/695752/ (Дата обращения 17.04.2023)

4 Система ОВЕН. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://owen.ru/product/spk107 (Дата обращения 17.04.2023)

5 Система Home Assistant [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.home-assistant.io/ (Дата обращения 17.04.2023)

Гречиха А.С.
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

OVERVIEW OF MICROCLIMATE CONTROL SYSTEM OF AUTOMATED GREENHOUSE FOR GROWING MICROGREEN

Grechikha A.S.
RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev

Abstract: Automation of the microclimate in the greenhouse can significantly improve the conditions for plants and increase their productivity. The various sensors, controllers and automation devices that will regulate the temperature, humidity, lighting and other parameters in the greenhouse are used. The aim of the work is to review the microclimate control systems of an automated greenhouse for growing microgreens. The article presents two automated control systems - ARIES and wirenboard. Real examples of using these devices in Russia and Belarus are considered. These devices allow to optimize the cost of energy and resources, as well as increase the level of productivity and product quality. An economic analysis of these systems has been also made.

Key words: greenhouse, agriculture, automation, microgreens.

Grechikha A.S.
RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev

УДК 527

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДОНБАССА ВСЛЕДСТВИЕ ГОДОВЫХ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Г. Я. Дрозд

ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Аннотация. На основе данных о примененных в Донбассе средствах ведения войны в период 24.02.2022-24.02.2023г., полученных из открытых источников, выполнен анализ неблагоприятных последствий от военных действий на окружающую природную среду. Расчетным путем, с использованием справочных материалов, оценены основные виды угроз и экологических опасностей в регионе.

Установлено: мощность использованных за год взрывчатых веществ соответствует 13 ядерным боеприпасам, сброшенных на Хиросиму; выброс в атмосферу загрязняющих веществ эквивалентен 240 годам работы Алчевского меткомбината; объем воздуха с превышением ПДК соответствует гипотетическому облаку объемом 220-940 км^3, 3000-4000 км^2 поверхностного слоя загрязнены металлическими осколками с концентрацией до 0,173 кг/м^3. Приведенное качество состояния окружающей среды требует соответствующего осмысления и реагирования для обеспечения нормальной жизнедеятельности на территориях.

*Ключевые слова**:** война, экология, загрязнение атмосферы, почвы, опасность*

Война в Донбассе длится 9 лет. Это вдвое больше, чем Великая Отечественная. Оценки потерь, ущерба, человеческого горя от Великой войны учеными давно проведены, но постоянно уточняются на протяжении десятилетий. Однако экологические последствия освещены довольно скромно. Люди старшего поколения помнят, что в 1946-47 г.г. в СССР был «послевоенный голод». Историки выделяют несколько основных причин голода 1946-47 годов: разруха, вызванная войной, сильная засуха 1946 года в регионах европейской части СССР и затяжные дожди на востоке, упадок сельского хозяйства ввиду нехватки рабочих рук, техники, скота, удобрений и экономической политикой руководства страны [1].

Обращают на себя внимание формулировки «засуха», «упадок сельского хозяйства» - косвенно характеризующие экологическую составляющую последствий войны. Подобная ситуация разворачивается на наших глазах и имеется уникальная возможность изучить это явление на имеющихся фактах и наблюдениях.

Цель работы: оценить влияние военных действий на качество окружающей среды Донбасса и выполнить прогноз последствий от ее деградации.

Методика исследований. 1. Исходные данные получены из открытых источников в СМИ и оперативных сводок компетентных ведомств на официальных сайтах; 2. Ряд оценок получен расчетным путем с использованием справочных материалов.

Результаты и обсуждение.

По информации из компетентных источников [10] «Вооруженные силы Украины после начала спецоперации РФ выпустили по территории Донбасса 50 960 снарядов

различного калибра. Всего за152 дня украинские националисты вели обстрелы 6089 раз, из них 5760 — из тяжелого вооружения калибра 82-155мм. Среди выпущенных боеприпасов — 9016 ракет РСЗО БМ-21 «Град», 151 ракета РСЗО БМ-27 «Ураган, 14 ракет РСЗО БМ-30 «Смерч» и 31 ракета из ОТРК «Точка-У». Количество боевой техники в резерве: авиации около 100 единиц, БМП-более 1000 и танков около 300 единиц.

На рисунке 1 приведены данные об уничтожении за год военной техники ВСУ, это 600 единиц авиации и около 20000 боевых машин. В таблице 1 указан примерный состав использованного вооружения, техники и топлива за год проведения специальной военной операции Приведенные данные подразумевают, что техника выводится из строя не одномоментно, но с постоянным пополнением из запасов. Зафиксированные цифры использованы для оценки вредных выбросов в окружающую среду от данного количества техники в течение года.

Приведенные на рисунке 1 и в таблице 1 исходные данные о средствах ведения боевых действий являются крайне приблизительными, т.к. учесть всё практически невозможно. Однако они позволяют сформулировать и оценить потенциальную угрозу окружающей природной среде не с точки зрения погубленных жизней и разрушений, а с позиций изменения качества её отдельных компонентов.



Рисунок 1 – Официальная сводка МО РФ о потерях ВСУ за год СВО

Таблица 1 - Примерный состав использованного вооружения, техники и топлива за год проведения специальной военной операции

Наименование	Характеристика	Содержание энергетического компонента
Артиллерийские снаряды РФ. Расход 23000-100000шт/сут [2].	Средний вес снаряда-50кг. Ежесуточный расход: 60 ж.д вагонов по 60 т. Суточный расход – 3600 т. За год- 1315000 т [2,3].	Содержание взрывчатого вещества (ВВ) 15-20% от массы боеприпаса [3]. Примерно 262000т
Поставка снарядов NATO [4]. 2000000 шт.	Средний вес снаряда-50кг За год примерно 40000т	Содержание взрывчатого вещества (ВВ) 15-20% от массы боеприпаса. Примерно 8000т
Снаряды РСЗО Град Ураган Смерч	 Вес-57кг, ВВ-14 кг (27000 шт,1537 т) Вес- 280 кг, ВВ -51 кг (450шт,126 т) Вес-800кг, ВВ70 кг (50 шт, 40т)	 378т 22,9т 3,5т Примерно 402т

Продолжение таблицы 1

Патроны NATO к стрелковому оружию 200000000 шт. [4].	10,5 г/шт (калибр 5,45 мм). Общий вес более 2100 т [3].	Содержание взрывчатого вещества (ВВ) 15-20% от массы боеприпаса. Примерно 420т
Патроны к стрелковому оружию Калибр 5,45 и 7,62 мм	Примерно 2400т	Содержание взрывчатого вещества (ВВ) 15-20% от массы боеприпаса. Примерно 430 т.
Авиация: Самолеты СУ-24 (390 шт.) Вертолеты МИ-8, МИ-24 (210шт) (рис.1)	Топливо [5].: 10тх390х365= 1432000 т. 5тх210х365= 18250 т.	1450250 т
Военная техника (танки, БТР, БМП, спецавтомобили и т.д.) Примерно 20000 ед. (Рис.1)	Топливо при средней заправке: 20000х0.2тх365= =1460000т	1460000т
Цистерны с топливом (60х1000 т +50000т х2 + 20000т) [6].	180000т	180000т

Атмосфера. Взрывчатые вещества рассеиваются при использовании их в бою. Образующиеся в момент взрыва заряда газообразные продукты находятся под давлением 200-250 тысяч атмосфер и нагреты до температуры 3500-4000 градусов Цельсия. Рассмотрим виды и количество образующихся газов. В военной сфере широко используется не более 2-3 десятков видов различных взрывчатых веществ. Так называемый «дымный порох» (75%KNO_3; 10%S и 15%C) приблизительно соответствует составу $2KNO_3+3C+S$ и его сгорание происходит в две стадии [7]:

1. $2KNO_3+S+3C = K_2SO_4+N_2+2CO_2$;
2. $K_2SO_4+ 2C =K_2S +2CO_2$.

В результате реакции выделяется гораздо более сложный спектр продуктов сгорания, как правило, на 40% состоящий из газообразных и на 60% из твердых производных продуктов реакции (выделение дыма) (рисунок 2).



Рисунок 2 - Визуальный факел взрыва

Дымный порох в основном используется при применении дополнительных минных метательных зарядов.

Взрывчатое вещество боеприпасов представлено рядом артиллерийских бездымных порохов на основе тринитротолуола, нитроглицерина, гексогена, пироксилина, их комбинаций и др. Согласно [11]: при взрыве аммотола происходит реакция:

$11{,}35NH_4NO_3 + C_7H_5(NO_2)_3 = 7CO_2 + 25{,}2H_2O + 12{,}85N_2 + 0{,}45O_2$;

Процесс взрыва пироксилина (восьмиазотной нитроклетчатки) описывается реакцией:

$C_{24}H_{32}O_{36}N_8 = 20{,}58\ CO + 3{,}42CO_2 + 7{,}42\ H_2 + 8{,}58H_2O + 4N_2$.

Представляет интерес определить количество «пороховых» газов. Вот как специалисты отвечают на этот вопрос: «Главная особенность порохового цикла – превращение высокоплотной фазы твердых компонентов заряда в низкоплотную фазу рабочих газов. Это – результат необратимых окислительно-восстановительных реакций «горючее + окислитель = продукты-газы». Масса продуктов-газов равна массе пороха, поэтому объем пороховых газов будет превышать объем пороха – пропорционально отношению плотностей исходного заряда и газовой фазы» [7].

Таким образом, при сгорании пороха массой 271000 т (см.табл.1) образуются газы в объеме 271 000 000 $м^3$ со средней плотностью 271000000 кг: $270000000 м^3 = 1$ кг/$м^3$. Исходя из того, что ПДК для отдельных компонентов, таких как SO_2, NO_2, CO и других находятся на уровне 0,04 – 3 мг/$м^3$,то необходимо «разбавление» еще на 3 порядка .Отсюда следует, что взрыв 271000 т пороха образует условное газовое облако объемом 271 000 000 000$м^3$ = 271 $км^3$ с концентрацией загрязнений больше ПДК. Это подтверждается исследованиями экспертов организации «Экология-Право-Человек», которые я приводил в статье [8] (рис. 3).

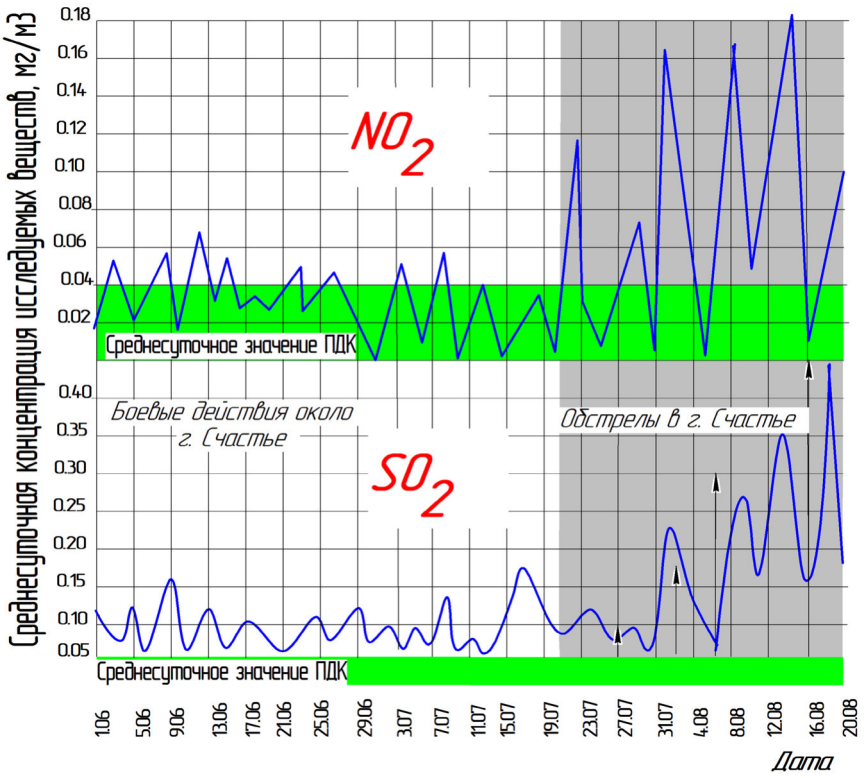


Рисунок 3 – Концентрация продуктов сгорания взрывчатых веществ в воздухе при обстреле города Счастье [8]

Исследованиями установлено, что показатели содержания в воздухе отдельных веществ существенно превысили допустимые нормы концентрации. Исследование выполнено с использованием данных Автоматизированной системы мониторинга окружающей среды Луганской области. Во время обстрелов г. Счастье с третьей декады июля по третью декаду августа, в воздухе значительно увеличилась концентрация оксидов серы, азота и углерода. При этом количество оксидов серы и азота значительно превысило пределы допустимой концентрации: 13 августа – в 5 раз, а 14 августа – в 8 раз. Превышение концентрации в воздухе оксидов серы, углерода и азота являются угрозой для здоровья населения и зеленых насаждений, окружающих город.

Завершая рассмотрение вопроса влияния на атмосферу взрывчатых веществ необходимо заметить, что их суммарная мощность в 271000 т соответствует мощности 13 ядерных бомб, сброшенных на Хиросиму (фугасный эквивалент до 20 тыс. т тротила).

Атмосфера интенсивно загрязняется и выхлопными газами военной тяжелой техники и авиации, а также продуктами горения бензина и солярки разрушенных и горящих хранилищ топлива (рис.4).



Рисунок 4 – Горящая нефтебаза в Луганске

Из таблицы 1 следует: авиация использовала 1450250 т топлива + тяжелая техника - 1460000 т топлива + выгорели емкости с 180000 т топлива—всего 3090250 т. Под топливом понимаются различные его виды: керосин, бензин, дизтопливо. Для расчетов принят бензин. По данным Министерства энергетики РФ [9] при сжигании 1 л бензина образуется 2,35 кг CO_2.

Таким образом при сжигании всего топлива образуется: 3090350 х2,35= 9348263т CO_2. Объем газа при нормальных условиях при плотности p=1,98кг/м^3 составит 4730000000 м^3, но если привести к значениям размерностей ПДК, то объем увеличится на 2 порядка. Получим 473 км^3. Наряду с углекислым газом при сгорании топлива выделяется большое количество сажи (С), оксида углерода (СО), оксидов азота (NO, NO_X), углеводородов (C_n H_m).

Суммарная масса загрязнений атмосферы продуктами взрывов ВВ и продуктами горения топлива за год военных действий составила: 270000 + 9348263 = 9618263т. Примерно 10 млн. т. Сравним с эталонным промышленным предприятием. По данным 2012года [10]: «Наибольшее количество выбросов в атмосферный воздух осуществляет «Алчевский металлургический комбинат» — 83 тыс. т ./год (19% от общих выбросов по

области). 10000000 т: 83000 т/год =120 лет. Таким образом год боевых действий в Донбассе по загрязнению атмосферы эквивалентен 120 годам беспрерывной работы крупнейшего промышленного предприятия.

Почва, грунты.

По имеющимся данным (таблица 1) оценим фугасное действие взрывчатых веществ на почвенный покров в зоне боевых действий. При ежесуточном расходе снарядов в 60000 штук, за год использовано около 22 млн. боеприпасов. Примем, что половина из них (11 млн.) использована для поражения техники или бетонных объектов, а вторая половина для поражения живой силы в «поле». Приблизительно оценим территорию поражения «поля», исходя из норм расхода боеприпасов [2]: на 1га расходуется 40 шт. 122 мм или 25 шт. 152 мм снарядов. Примем в среднем 35 снарядов/га (рисунок 5а, б).

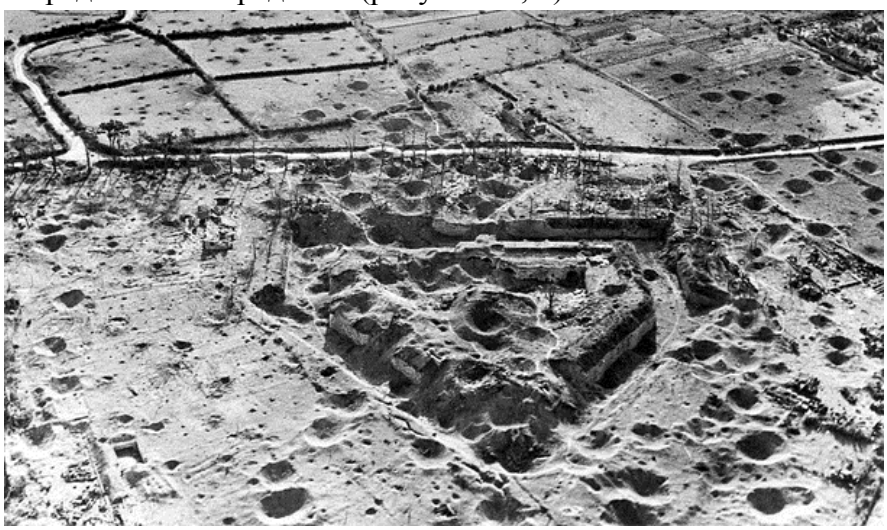


Рисунок 5а – Плотность артиллерийского обстрела опорного пункта



Рисунок 5,б – Последствия обстрелов окрестностей Артемовска (Бахмута) 1августа 2022г (вверху) и 7января 2023 г (внизу)

Территория, пораженная обстрелом составит: 11000000 : 35 = 314285 га = 3142 км^2.

Образующиеся воронки в зависимости от вида грунта, влажности и мощности боеприпаса имеют глубину до1,5 м и диаметр до 3м. При этом поверхностный слой земли подвергается механическим ударам силой 500-900 атм и тепловому воздействию до 3000 градусов. Происходит деструкция массива грунта с изменением его механических свойств, перемещением и захоронением слоев и насыщением остатками и осколками металла (Рисунки 6, 7).



Рисунок 6 – Боевая работа



Рисунок 7 – Поле боя

Оценим концентрацию металла в *метровом слое* земли на площади 3142 км^2. Для этого учтем «чистый металл» в осколках, вычитая от массы боеприпасов массу взрывчатого вещества: 1361203 т -271000 т =1090203т.

1090203000 кг : 2 = 545101500 кг : 3142 х 1000000 х 1= 0,173кг/м^3.

Вторая часть боеприпасов (11 млн. шт.) использована для разрушения опорных пунктов и городов. На момент подготовки статьи в ДНР и ЛНР освобождено 242 населенных пункта площадью от сотен до1 км^2 (рисунки 8, 9).



Рисунок 8 – Освобожденный Мариуполь



Рисунок 9 – Освобожденный поселок

По очень грубым прикидкам суммарная площадь освобожденной городской застройки составляет 1000 км^2 с характерными разрушениями, приведенными на рисунках 10 а, б. Много объектов восстановлению не подлежит. Масса строительного мусора исчисляется миллионами тонн (разрушено и повреждено до 100000 объектов), а плотность такого техногенного загрязнения превышает 1000 т/км^2.



Рисунок 10 а – Состояние разрушенных жилых зданий



Рисунок 10 б – Состояние разрушенных жилых зданий

По данным [11] в зону боевых действий попали более 2700 км^2 лесов, при этом не менее трети из них пострадали от вырубки, пожаров, порчи, боевых действий и уничтожения (рисунки 11а, б).



Рисунок 11 а – Состояние леса после боёв под Кременной



Рисунок 11 б – Леса под Кременной при боевых действиях

Завершая рассмотрение хода СВО необходимо внести некоторые уточнения:

1. Количество боеприпасов, приведенное в табл.1 применялось обеими противоборствующими сторонами.

2. Количество военной техники РФ достоверно не известно. Поэтому для оценки выбросов в атмосферу принято то же количество, что и у украинской стороны (600 единиц авиации и 20 тыс. единиц тяжелой техники). Количество газовых выбросов от неё составляет 9348263 т. Суммарный объем выбросов от техники противоборствующих сторон составит 18700000 т, а объем гипотетического газового облака составит 946 км^3.

3. Суммарная масса загрязнений от взрыва ВВ и сгорания топлива составляет 18700000 + 271000 =199710000 ≈ 20 млн. т.

Выводы

1. За год боевых действий в Донбассе использовано более 1,3 млн. т боеприпасов с более чем 271000 т взрывчатых веществ, что по мощности соответствует 13 ядерным боеприпасам, сброшенным на Хиросиму.

2. Объем образованных взрывчатыми веществами газов сопоставим с гипотетическим облаком размером 270 км^3, внутри которого концентрация вредных веществ превышает ПДК.

3. В военных действиях использовано более 6,2 млн. т топлива (керосина, бензина, дизельного топлива), объем выбросов в атмосферу от сжигания которого только по CO_2 составляют 946 км^3.

4. Суммарная масса загрязнений воздушного бассейна газообразными продуктами взрывов и сжигания топлива составляет около 20 млн. т, что в 240 раз превышает годовые

выбросы металлургического производства, такого как Алчевский меткомбинат.

5. Более 3140 км^2 территории имеет загрязнения поверхностного слоя грунта толщиной 1м металлическими осколками с концентрацией 0,173 кг/м^3, а порядка 1000 км^2 территории захламлены обломками и строительным мусором, плотность которого достигает 1000 т/км^2.

6. Около 900 км^2 лесов и лесозащитных полос Донбасса пострадали от военных действий, пожаров, уничтожения, вырубки для создания фортификационных сооружений, что, безусловно, сказывается на самоочищении воздушного бассейна.

7. Экстраполирование и осознание всех негативных последствий для окружающей среды, вызванные годовыми боевыми действиями на все девять лет войны, дают основание констатировать, что регион находится в состоянии экологического бедствия.

8. Боевые действия и вызванные ими экологические последствия, могут привести к региональному изменения климата, что, вероятно, и произошло после окончания Великой Отечественной войны.

Список использованных источников

1. Волков, И. М. Засуха, голод 1946–1947 годов / И. М. Волков//История СССР. – 1991. – № 4. – С. 3–19.

2. «Ищите броню сами!». Что происходит со снабжением армий республик Донбасса. – Текст: электронный // АНТИФАШИСТ: сайт. – URL: https://antifashist.com/item/ishhite-bronyu-sami-chto-proishodit-so-snabzheniemarmij-respublik-donbassa.html .

3. Современные артиллерийские снаряды. – Текст : электронный // Современная армия : сайт. – URL:http://www.modernarmy.ru/article/465/artilleriyskie-snariadi .

4. Как на ход СВО в Украине повлияет «снарядный голод». – Текст : электронный // Репортѐр : сайт. – URL:https://topcor.ru/29453-kak-na-hod-svo-v-ukraine-povlijaet-snarjadnyj-golod.html .

5. Неустаревающий Су-27 – обзор многофункционального истребителя. – Текст : электронный // Samoletos.ru :сайт. – URL: https://samoletos.ru/samolety/su-27 .

6. Щавелев, Н. А. Изучение экологических последствий военных действий на планете в рамках дисциплины«экология». – Текст : электронный / Н. А. Щавелев, С. Г. Тюрина, Е. Э. Френкель // Студенческий научный форум – 2015 : VII Международная студенческая научная конференция. – URL:https://scienceforum.ru/2015/article/2015017504 .

7. Дрозд, Г. Я. Экоцид как составляющая развязанного геноцида киевской военной хунтой против гражданскогонаселения Донбасса / Г. Я. Дрозд, И. Н. Салуквадзе, М. Ю. Хвортова // Экологический Вестник России. – 2016. – № 9. – С. 25–36.

8. Какой объем выхлопных газов образуется при сгорании одного литра воздушнобензиновой смеси? Как расчитать?. – Текст : электронный // @ Ответы : сайт. – URL:https://otvet.mail.ru/question/86553157 .

9. Алчевск: Хоть труба не дыми…. – Текст : электронный // A. S. D. Агентство Стратегічних Досліджень : сайт. – URL: http://sd.net.ua/2012/07/17/alchevsk-xot-truba-ne-dymi.html .

10. СЦКК назвал количество снарядов, выпущенных по Донбассу со стороны ВСУ за 152дня эскалации– Текст : электронный //СЦКК: сайт URL: http://elib.biblioatom.ru›…andreev…vzryvchatyh-veschestv

11.Андреев К. К. Теория взрывчатых веществ/ Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. -1960,360 стр.

Дрозд Геннадий Яковлевич, доктор технических наук, профессор drozd.g@mail.ru
Россия, ЛНР, Луганск, Луганский государственный университет имени Владимира Даля

ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY DEGRADATION IN DONBASS DUE TO ANNUAL COMBAT ACTIONS

Drozd G. Ya.

Annotation. Based on data on the means of warfare used in the Donbass in the period 24.02.2022-24.02.2023. obtained from open sources, an analysis of the adverse effects of military operations on the environment was carried out. By calculation, using reference materials, the main types of threats and environmental hazards in the region were assessed.

It has been established that the power of explosives used in a year corresponds to 13 nuclear weapons dropped on Hiroshima; emission of pollutants into the atmosphere is equivalent to 240 years of operation of the Alchevsk Iron and Steel Works; the air volume exceeding the MPC corresponds to a hypothetical cloud with a volume of 220-940 km3, 3000-4000 km2 of the surface layer are contaminated with metal fragments with a concentration of up to 0.173 kg/m3. The given quality of the state of the environment requires an appropriate understanding and response to ensure normal life in the territories.

Keywords: war, ecology, air pollution, soil, danger

Drozd Gennady Yakovlevich, Doctor of Technical Sciences, Professor drozd.g@mail.ru
Russia, LPR

Реклама в нашем журнале

ВНИМАНИЕ!

Редакция **ЖУРНАЛА «АГРОТЕХНИКА И ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ»**
приглашает Вас к сотрудничеству.

Мы предлагаем разместить Вашу рекламу на страницах нашего журнала.
Наши читатели (Россия и зарубежье) — учебные и научные учреждения, предприятия следующих отраслей деятельности:

- сельскохозяйственные предприятия;
- предприятия тяжелой и легкой, перерабатывающей промышленности;
- энергокомпании;
- отраслевые НИИ;
- научно-производственные объединения;
- учебные заведения;
- библиотеки.

Каждый из номеров журнала распространяется более чем 500 адресатам.

Информацию о возможности размещения рекламной продукции и ценах Вы можете узнать в редакции журналов, а также у главного редактора.

Телефоны: 8202879024; 8(4862) 76-44-69.
Тел. (факс): 8(4862) 76-11-07

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – кандидат технических наук, доцент
Александр Владимирович Виноградов
E-mail: winaleksandr@yandex.ru

Адрес: 302019, г. Орел, ул. Ген. Родина, 69, Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, факультет агротехники и энергообеспечения, ауд. 2-211.

ПЕРЕДВИЖНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»
при кафедре «Электроснабжение» Орловского ГАУ
г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69, Орел ГАУ, ауд. 2-411

Передвижная электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» **проводит измерения и испытания в электроустановках до 1000В:**

1. Измерение сопротивления изоляции электрооборудования, проводов и кабелей;
2. Измерение сопротивления заземляющих устройств;
3. Измерения сопротивления цепи между заземлителями и заземляемыми элементами;
4. Измерение сопротивления петли «фаза-нуль»;
5. Проверка срабатывания устройств защитного отключения (УЗО);
6. Проверка срабатывания автоматических выключателей до 1000В.

Электротехническая лаборатория ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» зарегистрирована в Приокском управлении Ростехнодзора за №А10-14-888 от 20.10.2014г.

Также предлагаем услуги:

1. Проведение измерений качества электрической энергии.
2. Выполнение, редакция программ по энергосбережению, энергоаудит.
3. Монтаж электрооборудования.
4. Обслуживание электрохозяйства, подготовка документации по электрохозяйству.
5. Проведение курсов повышения квалификации по энергосбережению, электробезопасности, обучение по рабочей профессии «Электромонтер»
6. Выполнение проектов по электроснабжению.
7. Выполнение обследования состояния электропроводок.
8. Электротехнические расчеты.

Наши контакты:

Руководитель: Виноградов Александр Владимирович (к.т.н.)
тел: 89202879024, E-mail: winaleksandr@rambler.ru
инженер – метролог: Бородин Максим Владимирович (к.т.н.)
тел: 89208014190, E-mail: maksimka-borodin@yandex.ru
инженер – метролог: Семенов Александр Евгеньевич
тел: 89536130445, E-mail: semenow.ae@yandex.ru

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»

Отдел сельскохозяйственного консультирования и развития сельских территорий ВНИИ социального развития села ФГБОУ ВО Орловский ГАУ принимает заявки на оказание консультационных услуг по следующим направлениям:

- в области агробизнеса и экологии;
- в области биотехнологий и ветеринарной медицины;
- в области экономики;
- в сфере социального и экономического развития сельских территорий;
- в области агротехники и энергообеспечения;
- в сфере строительства, эксплуатации и управления недвижимостью, ландшафтного дизайна;
- в сфере охраны труда и пожарной безопасности и др.

Более подробная информация об оказываемых услугах размещена на странице отдела по адресу:
http://www.orelsau.ru/science/institute-of-social-development-of-the-village/

Телефон: 8 (4862) 43-30-81
E-mail: vniisrs.orelsau@mail.ru

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ совместно с ФГБОУ ВО Орловским ГАУ
организуют проведение
постоянного научно-практического семинара «Энергообеспечение АПК»

Формат проведения: видеосвязь.
Периодичность: по мере поступления заявок на проведение, не реже 1 раза в 2 месяца.
Темы:
-всё, что связано с вопросами энергообеспечения АПК, электротехнологиями и электрооборудованием в АПК;

-вопросы цифровизации и роботизации в АПК и системах его энергообеспечения;

-современное сельскохозяйственное производство, проблемы и пути их решения, новые технологии;

-предварительное обсуждение кандидатских и докторских диссертаций;

-обсуждение совместных проектов, грантов;

- другие тематики.

Для участия, предложения тематики обсуждения:
написать письмо на электронную почту (в названии указать «семинар Энергообеспечение АПК»)
Почта: winaleksandr@gmail.com
Телефон: 89202879024 – Виноградов Александр Владимирович
При поступлении заявки на участие, адрес обратившегося вносится в рассылку и он уведомляется о теме и сроках проведения семинара.